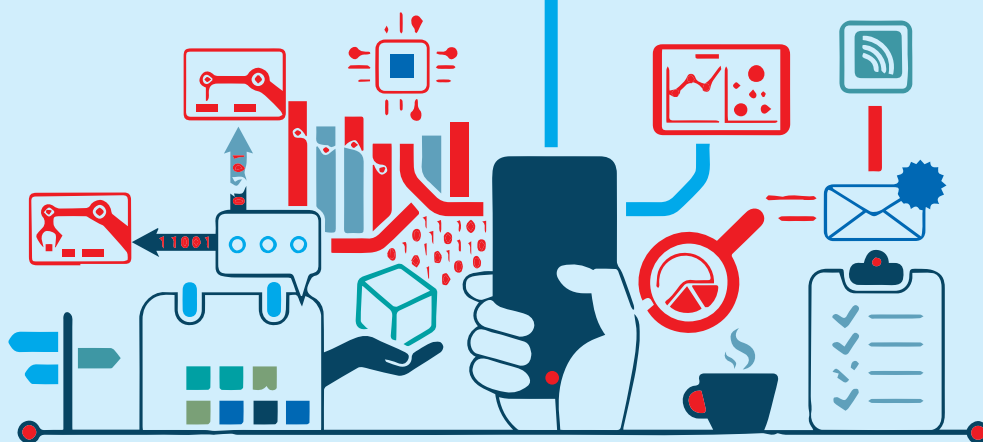




FABRICANDO

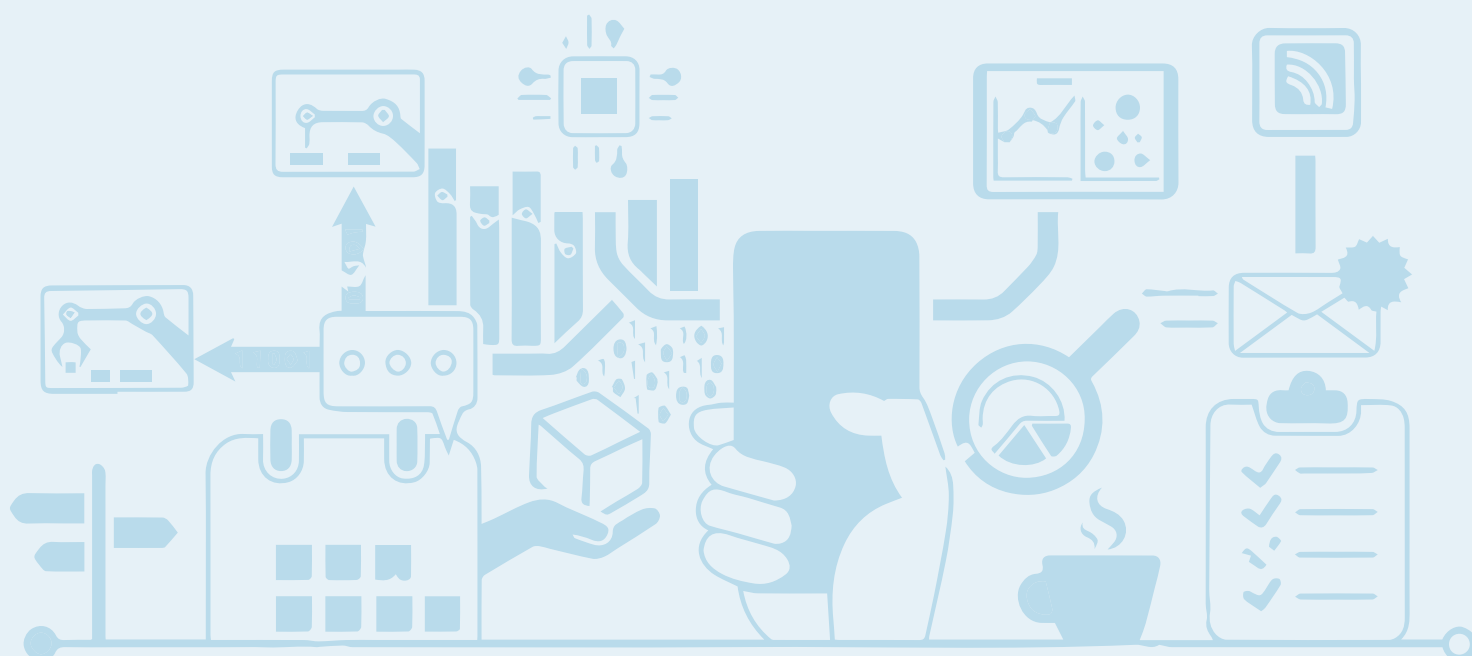
EL FUTURO





FABRICANDO

EL FUTURO



Autores:

Ana Inés Basco, Gustavo Beliz, Diego Coatz, Paula Garnero.

Ciudad de Buenos Aires, Julio de 2018.

Catalogación en la fuente proporcionada por la Biblioteca Felipe Herrera del Banco Interamericano de Desarrollo

Industria 4.0: fabricando el futuro / Ana Inés Basco, Gustavo Beliz, Diego Coatz, Paula Garnero.

p. cm. — (Monografía del BID ; 647)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Manufacturing industries-Technological innovations-Argentina. 2. Labor supply-Effect of automation on-Argentina. 3. Automation-Social aspects-Argentina. 4. Robots, Industrial-Social aspects-Argentina. 5. Technology and state-Argentina. 6. Industrial policy-Argentina. 7. International trade-Technological innovations. 8. Internet of things-Argentina. I. Basco, Ana Inés. II. Beliz, Gustavo. III. Coatz, Diego. IV. Garnero, Paula. V. Banco Interamericano de Desarrollo. Instituto para la Integración de América Latina y el Caribe. VI. Serie.

IDB-MG-647

Códigos JEL: 014, 025, 033, 054

Palabras clave: Cadenas Globales de Valor, Empleo, Industria, Innovación, Integración y Comercio, Nuevas Tecnologías

Copyright © 2018 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



Investigación y redacción:

Ana Inés Basco, Gustavo Beliz, Diego Coatz, Paula Garnero.

Colaboradores:

Andrea Benitez, Belisario De Azevedo,
Mariana Pernas, Eugenia Piasentini y Laura Rombolá del
INTAL-BID; Marisol Rodriguez Chatruc del sector Integración
y Comercio del BID, y Tomás Canosa, Pablo Dragún y Sol
Pasqualini de la UIA.

Diseño: Andrea Pellegrino y Santiago Fraccarolli



FABRICANDO

EL FUTURO

INDUSTRIA 4.0

Fabricando el Futuro

PRÓLOGO	
Construyendo ventajas innovativas sin piloto automático • Gustavo Beliz	8
Cuarta revolución industrial: una agenda irrenunciable • Miguel Acevedo	11
RESUMEN EJECUTIVO	13
PRINCIPALES HALLAZGOS	15
REVOLUCIÓN 4.0	23
• El nuevo algoritmo industrial: sus diez pilares	24
• Hacia la fábrica inteligente: los caminos de la predicción industrial	31
• Red industrial, la nueva cadena de valor relocalizada	34
• Modelos 360, del producto a la experiencia	41
• Empleo del futuro: la geopolítica de los robots	46
• Design thinking de la Cuarta Revolución Industrial	56
Desafíos tecnológicos	56
Desafíos socioeconómicos	57
Desafíos regulatorios	59
Desafíos para los países emergentes	60
INMERSIÓN 4.0: EXPERTOS ANALIZAN EL CAMBIO EXPONENCIAL	62
• Un reto ineludible • Bernardo Kosacoff	63
• Presente y Futuro de los Desafíos para el Desarrollo Industrial • Diego Coatz	66
• Argentina, en busca del upgrade tecnológico • Fernando Peirano	68
• Macrolution: claves para impulsar esta nueva era • Martín Rapetti	71
• Matriz exponencial: Argentina relativamente más cerca • Ana Inés Basco	73
• Compras del Estado como disparadoras de proveedores tecnológico • Sergio Drucaroff	76
• Biotecnología Argentina: plataforma innovadora para la industria 4.0 • Graciela Ciccía	78
• Medios de difusión de tecnologías digitales en la industria. Lecciones para Argentina y Brasil • João Carlos Ferraz.....	80
ANÁLISIS DE CASOS	83
• Caso argentino para la industria de producción de gas y petróleo - Empresa Tenaris	84
• Caso argentino para la Industria de fabricación de pinturas - Empresa Sintoplast	92
• A al cuadrado (a2): automotriz automatizada	99
• Un asunto de Estado 4.0	104
La fórmula alemana como pionera	105
Manufac-TIC: el clúster de la ecuación mexicana	109
CONCLUSIONES	113
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120

ÍNDICE DE RECUADROS

· Orígenes de un concepto disruptivo	25
· La percepción de los cambios	30
· Subiéndonos a las plataformas	34
· Des-encadenados	38
· Robots, no sólo con pies y manos	46
· Entre el post- empleo y el pre-trabajo	54
· Rig Direct®:la innovación colaborativa	88
· Cambio del modelo de negocios	93

ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS

Gráfico 1. Evolución de las revoluciones industriales	25
Gráfico 2. Pilares tecnológicos de la industria 4.0	29
Gráfico 3. Maduración de las CGV: medidas de la especialización vertical global, 1995-2014	39
Gráfico 4. Oferta de robots industriales en 2016. Principales 15 mercados productores	48
Gráfico 5. Stock mundial de robots industriales por sector de aplicación	48
Gráfico 6. Relación entre la percepción sobre la importancia de Internet y el nivel de utilización, según país	74
Gráfico 7. Sistema de intercambio de información.....	90
Gráfico 8. Mecanismo de integración con Pipe Tracer™	90
Gráfico 9. Productos y participantes	108
Gráfico 10. Infraestructura y capacidades de I+D+i	112

CONSTRUYENDO VENTAJAS INNOVATIVAS SIN PILOTO AUTOMÁTICO

La Cuarta Revolución Industrial que comienza a irrumpir en el escenario de América Latina, convive con transiciones ambiguas y no pocas veces contradictorias. Habitamos el continente que da cobijo a nuevas multilatinas que emplean sofisticados algoritmos en sus procesos productivos, a la vez que convivimos con una matriz productiva escasamente diversificada y dependiente de los precios mundiales de los *commodities*. Producimos innovaciones que nos permiten instalarnos en condiciones ventajosas a nivel internacional, a la vez que padecemos la falta de adaptación de muchos procesos productivos en el escenario de cambio tecnológico acelerado. Somos en cierto modo habitantes de tres diferentes siglos: el siglo XIX, propio de una economía con escaso valor agregado que sumerge al 30% de la población en la pobreza y en la indigencia; el siglo XX, con enclaves industriales dinámicos y una capacidad de notable resiliencia a los vaivenes macroeconómicos; y el siglo XXI, con innovadores pujantes que pueden insertarse exitosamente en el mundo *millennial*.

Argentina, si bien con características propias, no es una excepción en este panorama. De ahí que celebremos esta oportunidad de trabajo en conjunto con la Unión Industrial Argentina, en la común tarea de repensar el desarrollo productivo de nuestro país y de nuestra región.

La Cuarta Revolución Industrial nos llama a considerar algunos elementos estratégicos, a saber:

- El nuevo estadio de la globalización es en verdad *g/local* (global + local), pues achica y agranda distancias en simultáneo, altera las coordenadas de tiempo y espacio, y brinda a la vez riesgos y oportunidades. Las pequeñas y medianas empresas, por caso, pueden aprovechar mejor las oportunidades del comercio electrónico para su inserción en el mercado-mundo y su internacionalización a través de plataformas tecnológicas, a punto tal de convertirse en micro-multinacionales. Pero, a la vez, subsisten para ellas barreras tales como los súper exigentes estándares de calidad privados, discriminaciones fiscales y crediticias, ausencia de reglas comerciales multilaterales que faciliten el comercio y asimetrías de información que se constituyen en obstáculos para su despegue.

- El surgimiento de la inteligencia artificial constituye un nuevo factor de producción, al crear una realidad ciber-física de trabajo virtual, en parte humano, en parte desarrollado por máquinas inteligentes, que merced a la capacidad de análisis algorítmico cada vez más sofisticada y al desplazamiento de trillones de datos a súper velocidad, permiten un aprendizaje y autoaprendizaje exponencial. Asistimos en dicho contexto a la posibilidad de

incrementar la productividad regional, sin dejar de apreciar el surgimiento de una reconfiguración de las clásicas cadenas globales de valor (el *offshoring* da paso al *reshoring*, por caso) en las cuales de la mano de la inteligencia artificial irrumpen modalidades tecnológicas igualmente disruptivas, como la internet de las cosas, la biología sintética y la fabricación aditiva y 3D, que hacen implosionar las distinciones rígidas entre bienes y servicios y convocan a reinventar las reglas básicas del comercio mundial.

- Las clásicas ventajas comparativas (basadas en los recursos naturales) y las clásicas ventajas competitivas (basadas en costos inferiores) dan lugar al desafío de reimaginar ventajas innovativas (donde el conocimiento y la tecnología aplicada a los procesos productivos esté en condiciones de potenciar exponencialmente las dos ventajas anteriores). La construcción de dichas ventajas innovativas requiere de un nuevo contrato social tecnológico, capaz de conjugar esfuerzos de Estados inteligentes, actores privados dinámicos y una comunidad laboral y científica que articule más plenamente sus tareas (por ejemplo, a través de convenciones colectivas obrero-empresarias con cláusulas de innovación o mediante el impulso de compras públicas nacionales para la innovación estratégica).

- Surge a nivel internacional el concepto de integración híbrida, donde la gran cuestión de las negociaciones internacionales opera en simultá-

neo sobre bienes físicos y bienes intangibles. Donde los aranceles sobre el acero conviven con la discusión acerca de la monetización de los datos. Donde la fábrica material coexiste con las plataformas descentralizadas del *blockchain*. Donde la diplomacia comercial rutinaria centrada en el cabildeo sobre reglas de acceso a nuevos mercados comienza a cohabitar con el diseño de algoritmos capaces de predecir el impacto de reglas de origen y acuerdos de preferencias. En el primero de los ejemplos, existe un escenario de tratados empantanados en agendas pretéritas, sin que surjan aún con mayor fuerza agendas digitales bilaterales y multilaterales capaces de fomentar procesos más intensos de convergencia.

- La disrupción tecnológica implica la disrupción de tradicionales modalidades de trabajo, tanto a nivel del *management* y de la dirección, como al nivel de las tareas de apoyo y de base. Los nuevos modelos de organización de los negocios surgen de la mano de nuevas innovaciones de garaje, de nuevas conectividades 5G, de nuevas plataformas colaborativas, de nuevos esquemas de trabajo *freelance*, de nuevos prototipados de productos, de nuevos desafíos para el financiamiento de la seguridad social y la adaptación de fiscalidades. El reemplazo de tareas rutinarias por máquinas crecientemente analíticas refuerza la necesidad de transformar *soft-skills* en los trabajadores y managers, sin descuidar sus capacidades de programación y de discernimiento

en ciencias duras. La robotización del trabajo adquiere características poliédricas: abarca tareas insalubres y riesgosas (como en la industria del petróleo y minería); decisiones estratégicas (como en el *trading* algorítmico); y hasta irrumpe en el plano emocional (como en el *neuromarketing* y la economía del comportamiento aplicada a los servicios globales).

- La producción y comercialización de bienes basada en el contenedor de la era industrial, convive con la integración post-contenedor de productos materiales con alto valor agregado de conocimiento. La infraestructura física para facilitar la fabricación y la integración regional y global, basada en rutas, aeropuertos, autopistas y pasos fronterizos, comienza a cohabitar con la necesidad de fortalecer una conectividad intangible, propiciada por redes energéticas y de transporte inteligentes, nuevos nano materiales para la construcción de represas y caminos, drones para facilitar el desplazamiento de mercaderías y la auditoría de las obras públicas, sensores para optimizar el recorrido de vehículos y algoritmos para acelerar la circulación de productos por las aduanas. La incorporación masiva de tecnología puede tanto agilizar el comercio clásico como abrir oportunidades impen-sadas de desarrollo de nuevas oportunidades productivas.

- La Cuarta Revolución Industrial, finalmente, requiere una Cuarta Revolución Institucional, donde Estados inteligentes 4.0 sean capaces de regular

nuevas realidades sin asfixiar procesos de innovación; promover métricas de predicción empleando herramientas tecnológicas sin disminuir exigencias de previsibilidad y seguridad jurídica; expandir y personalizar políticas en función del big data sin abandonar miradas integrales a través de una mejor calificación de sus recursos humanos. El cambio no es ni sólo privado, ni sólo público. Es público-privado, incluyendo a las instancias estatales, como así también al sector empresarial, la academia y la sociedad civil. Esta Cuarta Revolución Institucional posee también el desafío de consolidar una ética social basada en la cultura del trabajo y la producción, en línea con los debates mundiales que ya comienzan a surgir en los centros de pensamiento más calificados, que se interrogan, reflexionan y plantean propuestas de transformación frente a los múltiples impactos económicos y valorativos que implica el avance del cambio tecnológico.

Acerca de todos estos elementos trata este informe que nos complace presentar. Desde el Instituto para la Integración de América Latina y el Caribe (INTAL), del sector Integración y Comercio del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), venimos enfatizando desde hace varios años la necesidad de que América Latina abrace el cambio tecnológico con un criterio humano-céntrico, con el propósito de mejorar vidas en la región. La clave reside en nuestra creatividad. Porque lo único que no nos permite la automatización, es actuar pasivamente con piloto automático.

CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL: UNA AGENDA IRRENUNCIABLE

Existe una constante que atraviesa todas las épocas: superarnos para progresar. Dar saltos cualitativos que mejoren nuestra calidad de vida. Esa constante se materializa hoy en un desafío global que subvierte las certezas en la producción de bienes y servicios: la Cuarta Revolución Industrial.

Generalmente, se suele emparejar a lo que también se conoce como “Industria 4.0” con los cambios tecnológicos. Si bien la tecnología juega un papel fundamental, ese protagonismo es compartido por cambios que van desde lo cultural hasta lo organizacional. La innovación está permeando todos los ámbitos de nuestras sociedades y debemos dar cuenta de dicho proceso. Ese es uno de los *por qué* de esta publicación: dejar testimonio de un presente dinámico que está modificando nuestro futuro para siempre.

Los textos que componen la presente recopilación comenzaron a escribirse aún antes de que este documento fuera un proyecto. Son la continuidad del trabajo cotidiano que los autores desempeñan en sus actividades profesionales. En lo que respecta a la Unión Industrial Argentina, muchas de las ideas plasmadas a lo largo de estas páginas han sido vectores centrales de la 23ª Conferencia Industrial, que llevó por nombre “Industria 4.0. Desafíos globales y regionales para una Argentina productiva”.

¿Por qué el conjunto de temas que atraviesan a la Cuarta Revolución Industrial es importante para nuestro país? Porque esa agenda es una plataforma irrenunciable para que Argentina se inserte en las cadenas globales de valor a partir de sus fortalezas. Y solamente podremos potenciar nuestros activos como país productivo complementando la potencia de industria, agro y servicios. Esta es la condición fundante para avanzar hacia el futuro con paso firme.

Los industriales argentinos estamos consustanciados con el objetivo de la complementación y la convergencia. Día a día trabajamos para que la unión de las PyMEs y las empresas grandes forme parte del patrimonio colectivo que le permita a nuestro país superar los objetivos de la Cuarta Revolución Industrial. Cada sector productivo está llamado a formar parte de ese colectivo emprendedor que es la industria nacional.

En este desafío cargado de oportunidades para Argentina, la educación se revela como un término crucial en la ecuación de nuestro porvenir. Para que podamos concebirnos como usuarios y creadores de tecnología, tendremos que establecer nuevas metas en todas las instancias de la formación. La industria avanza en esta dirección: no vendemos sólo autos, maquinarias o alimentos, sino tecnología a través de los bienes que producimos.

Somos protagonistas de cambios vertiginosos en nuestro aquí y ahora. La producción industrial no es la misma. Los robots, además de profundizar su automatización, también tienen la capacidad de aprender, fruto de los avances en inteligencia artificial. Con la incorporación de sensores en las maquinarias hemos ganado la posibilidad de anticipar desperfectos, así como de generar millones de datos que nos permiten cuantificar y procesar información valiosísima para mejorar nuestra producción.

De todas estas cuestiones hablamos cuando nos referimos al diseño de una inserción inteligente en los flujos de comercio internacional para Argentina. Una inserción que nos permitirá intensificar uno de los procesos virtuosos que caracteriza a la industria: producir, invertir, innovar y generar mejores puestos de trabajo.

Argentina tiene una oportunidad inigualable y las aptitudes para aprovecharla. Formamos parte del selecto grupo de países con un perfil industrial diverso y profundo. Si potenciamos esa estructura industrial estaremos dando un paso fundamental en camino hacia nuestro progreso. Abundan los ejemplos de nuestras fortalezas: la industria automotriz y autopartista es una de las 25 más importantes del mundo, la integración en las cadenas productivas –como sucede con la que va desde el algodón textil y cuero hasta el diseño de indumentaria y calzado de vanguardia con marcas argentinas de prestigio internacional–; la industria alimenticia –que exporta productos de calidad para góndolas de todo el pla-

neta–; el sector farmacéutico y biotecnológico, pilar de la innovación y la investigación aplicada; la diversidad del complejo metalmecánico, el *software*, las industrias creativas, el plástico, los juguetes, miles de empresas grandes y pequeñas que dan forma a 115.000 establecimientos industriales.

Como sujetos del cambio, somos interpelados por la Cuarta Revolución industrial: nos exige pensarla y pensar-nos a cada paso del camino. Y eso nos deja ante preguntas clave que son útiles para transformar lo testimonial en acciones concretas: ¿Cómo logramos que la automatización y robotización sean un salto cualitativo para la jerarquización de las tareas que hoy desempeñan seres humanos? ¿Cuáles son las mejores estrategias para que el sistema educativo, la comunidad científica y el sector privado trabajen complementariamente en función de incentivar la innovación de tareas, procesos y tecnologías? ¿Qué aspectos tangibles e intangibles necesitamos reformular de cara a una competitividad como la que propone la Cuarta Revolución Industrial? ¿De qué manera logramos complementarnos entre todos los sectores para transformar la investigación en PBI?

Estas cuatro preguntas –y el conjunto más amplio del que forman parte– serán respondidas a lo largo de los diferentes capítulos de esta publicación. Respuestas que generarán más preguntas que nos desafiarán como colectivo para encontrar soluciones innovadoras. La constante que atraviesa todas las épocas: superarnos para progresar.

RESUMEN EJECUTIVO



La economía global transita una nueva fase que se caracteriza por la digitalización y la conectividad. Tecnologías como internet de las cosas, computación en nube, big data, inteligencia artificial e impresión 3D, entre otras, refuerzan la importancia de la industria manufacturera a partir de la fabricación de productos personalizados e inteligentes. El análisis de datos y la toma de decisiones en tiempo real impactan positivamente en la eficiencia de toda la cadena de valor. Las plataformas digitales permiten ampliar mercados y compartir información con el ecosistema productivo. Surgen nuevos modelos de negocios, de colaboración entre empresas y nuevos actores.

En un nuevo escenario productivo, este documento explora el impacto de las nuevas tecnologías sobre la industria manufacturera, el trabajo, las cadenas globales de valor y el comercio. También, se analizan las oportunidades y los desafíos asociados a esta Cuarta Revolución Industrial.

Primero, se ofrece un marco conceptual para contribuir con la comprensión del fenómeno y sus distintas dimensiones. Se describen las características más salientes de la Cuarta Revolución Industrial, de sus pilares tecnológicos y de la matriz tecnológica actual. Se analiza el impacto de la digitalización en la industria manufacturera, con especial atención sobre los cambios en la gestión de la producción y en los modelos de los negocios. Se abordan las transformaciones de las cadenas de valor y del mercado laboral, enfatizando sobre las nuevas habilidades que demanda la Industria 4.0. Finalmente, se analizan los desafíos de la Cuarta Revolución Industrial a nivel socioeconómico y regulatorio, con especial atención sobre los países emergentes.

En segundo lugar, se buscan respuestas a varios interrogantes mediante la consulta a distintos especialistas. ¿Puede la industria argentina transformarse en una Industria 4.0? ¿Sobre qué capacidades? ¿Qué rol debe asumir el Estado para promover esta revolución tecnológica? ¿Cómo puede la macroeconomía contribuir a su desarrollo? ¿Qué sectores presentan mayores oportunidades a nivel regional? ¿Cuáles están más expuestos a los desafíos de la Industria 4.0? ¿Se identifican áreas estratégicas en las cuales la Argentina y Brasil puedan trabajar conjuntamente para desarrollar nuevas tecnologías que impacten sobre la industria? ¿Qué capacidades complementarias tienen ambos países en términos de I+D que nos permitan pensar en desarrollos conjuntos?

Por último, se muestran ejemplos concretos sobre el alcance de la transformación digital al nivel empresarial, sectorial y de políticas. Para ello se ofrecen estudios de casos basados en las experiencias de dos empresas argentinas: Tendaris, dedicada a la producción de tubos para la industria de petróleo y gas; y Sinteplast, dedicada a la fabricación de pinturas. Además, se analiza el impacto de las nuevas tecnologías en la industria automotriz a nivel genérico. Finalmente, se describen dos ejemplos de políticas de Estado diseñadas para fomentar el desarrollo de la Industria 4.0: el caso de Alemania (“Industrie 4.0”) y el caso de México (“Mapa de Ruta de la Industria 4.0”).

PRINCIPALES HALLAZGOS



La caracterización de la Industria 4.0 que se presenta en esta publicación fue posible a partir de la investigación y análisis de diferentes fuentes de información, y del diálogo con expertos que están trabajando sobre la Cuarta Revolución Industrial. A continuación, se describen los principales hallazgos de este documento:

1 | La Fábrica Algoritmo. La revolución 4.0 genera una amalgama ciberfísica que todo lo conecta en tiempo real: máquina - máquina, máquina - producto, producto - personas.

Esta nueva era se caracteriza por la convivencia de una gran variedad de tecnologías, que borran los límites entre lo físico, lo digital y lo biológico, generando una fusión entre estos tres planos y un cambio de paradigma. Supone la transición hacia nuevos sistemas ciberfísicos que operan en forma de redes más complejas y que se construyen sobre la infraestructura de la revolución digital anterior (Klaus Schwab, 2016). Entre los pilares tecnológicos de la Industria 4.0 se destacan: sistemas ciberfísicos de integración; máquinas y sistemas autónomos (robots); internet de las cosas (IoT); manufactura aditiva (impresión 3D); big data y análisis de macro datos; computación en la nube; simulación de entornos virtuales; inteligencia artificial; ciberseguridad; y realidad aumentada. La transformación más profunda se produce por la digitalización y la posibilidad de conectar en tiempo real a todos los actores sociales mediante Internet. La conectividad alcanza a consumidores, empresas, gobierno, organizaciones de la sociedad civil, y es posible mediante dispositivos (*smartphones*, computadoras, sensores, *wearables*, etc.), sistemas informáticos y plataformas digitales (*e-commerce*, *e-government*, redes sociales). Pero la novedad de esta época es que la conectividad alcanza también a los objetos permitiendo la conexión en varios sentidos: máquina-máquina (M2M), máquina-producto, máquina-humano, producto-humano.

2 | La Fábrica Inteligente Predictiva. Las empresas se integran en redes y colaboran con otros actores del ecosistema, estableciendo modelos predictivos merced a altos niveles de automatización, digitalización y conectividad.

Las empresas generan una enorme cantidad de datos que, gracias a nuevos sistemas computacionales y algoritmos avanzados, pueden ser procesados y analizados minimizando el esfuerzo humano. Esto permite descentralizar la toma de decisiones, y pasar de modelos preventivos a modelos predictivos que pueden aplicarse en todas las áreas de la organización: en la cadena de suministros (ajustando los tiempos en la provisión de insumos y minimizando la necesidad de inventarios); en los sistemas de detección de fallas de los equipos (eliminando las paradas preventivas y anticipando desperfectos); y en el sistema de logística (anticipando el requerimiento de insumos y productos terminados, eficientizando su distribución y entrega). Además, con la ayuda de sistemas de integración y plataformas digitales, las empresas se integran vertical y horizontalmente generando mejoras de la productividad individual y de la cadena de valor en la que participan. Conforman redes dinámicas y colaboran con otras empresas y actores del ecosistema para potenciar los procesos de innovación.

3 | La reinención de la geografía productiva global tiene efectos aún inciertos sobre el comercio internacional.

Las tecnologías pueden impulsar a las empresas globales hacia la relocalización (*reshoring*) y la descentralización de la producción (manufactura distribuida), acercando la fabricación a los centros de consumo. Surgen nuevas oportunidades para las PyMEs que, con pequeñas infraestructuras dispersas en el espacio urbano, pueden producir de forma inteligente y formar parte de redes de manufactura desconcentradas.

La automatización y la robotización erosionan las clásicas ventajas competitivas de los países basadas en la oferta de mano de obra barata, al tiempo que la difusión de las TICs y tecnologías como la computación en la nube, la IoT, y big data, reducen aún más los costos de coordinación a nivel global. Por lo tanto, otros factores vinculados con la competitividad, tales como el sistema de infraestructura, logística y conectividad digital, el costo energético y los talentos de las personas acordes a las exigencias de la Industria 4.0, vuelven a ocupar un lugar importante sobre las decisiones de localización de las empresas globales. En este contexto, algunas las empresas avanzan hacia la relocalización (*reshoring*) de la producción en su país o región de origen, mientras que otras establecen modelos descentralizados de la producción (manufactura distribuida) logrando fabricar el producto más cerca del cliente final. Además, la democratización en el acceso a tecnologías puntuales como impresoras 3D, impresoras de circuitos, y sistemas de Control Numérico Computarizados (CNC) reducen la importancia que tenían en algunos casos las economías de escala, permitiendo sustituir relaciones en la cadena de suministro y abriendo nuevas oportunidades para las PyMEs. Estas tendencias, aún incipientes, podrían en un futuro cercano, alterar la geografía de las CGV, el volumen y el sentido de los flujos del comercio internacional.

4 | Modelos 360 de negocios des-intermediados: productos personalizados, productos-plataforma, productos inteligentes con incorporación de servicios, producción a demanda, respuesta inmediata, producción cercana a los centros de consumo, tiendas online, plataformas de innovación abierta.

Los mercados se expanden mediante plataformas de *e-commerce*: se acorta la distancia entre el fabricante y el consumidor y se genera un canal de diálogo entre el fabricante y el consumidor que previamente no existía; se reducen intermediarios y se minimiza la posibilidad de crear valor mediante acumulación de inventarios/stocks. El cliente se ubica en el centro de la escena y se personalizan los productos. Para la industria manufacturera, el desafío dejó de ser “producir mucho con pocos recursos” o “vender mucho para conseguir una mayor participación en el mercado”. El ciclo ya no es exclusivamente diseñar-producir-vender, sino que producto del contacto con los futuros usuarios se vende antes de producir. Ahora el desafío es “capturar el valor generado a partir del uso de su producto”; pasar del producto tradicional al “producto-plataforma”. La tendencia es fabricar productos inteligentes que incorporen servicios. Se prioriza el “acceso” al producto por encima de la propiedad. Mediante plataformas de innovación abiertas, se establecen mecanismos de cooperación entre empresas que permitan acelerar los resultados de las actividades de I+D+i.

5 | *Management* de la improvisación y de la innovación. En la transición “a ciegas” hacia la fábrica inteligente, las empresas gestionan sus actividades con altos niveles de incertidumbre; faltan capacidades para analizar los datos y para tomar decisiones en un contexto competitivo y cambiante.

La matriz tecnológica cambia constantemente y de forma acelerada. El ciclo de vida de los productos se acorta considerablemente; algunos bienes caen en la obsolescencia mientras se configuran nuevos mercados de bienes y servicios “donde antes no había nada”. La digitalización de la economía cambia las reglas de juego: las empresas tienen cada vez más información sobre sus clientes, pero al mismo tiempo, permite el ingreso repentino de nuevos competidores al mercado. Por lo tanto, se ven desafiadas a enfrentar una competencia creciente y escalable, y a tomar decisiones sobre una enorme cantidad de datos que muchas veces no tienen capacidad de interpretar. Sobre 2.000 directivos de nueve sectores industriales en 26 países, sólo el 20% de las empresas industriales reconoce tener capacidades avanzadas para el análisis de datos. El 51% considera necesario estimular el desarrollo de estas habilidades entre sus recursos humanos para eficientizar el proceso de toma de decisiones y reducir la incertidumbre.¹

6 | *Desigualdad robótica tridimensional: crea, destruye y desplaza empleos. Crece la adopción de robots industriales, pero de forma concentrada en pocos países y en empresas de gran tamaño.*

La automatización de la producción es una tendencia creciente a nivel mundial; en el período 2010-2016 la producción de robots industriales creció a una tasa promedio anual del 12%, mientras que la dotación de robots industriales cada 10.000 habitantes, pasó de 66 unidades a 74 unidades en el mismo período. El capital robótico se concentra en pocos países y en empresas de tamaño grande, siendo la industria automotriz la principal adoptante de esta tecnología a nivel mundial. El uso del 75% de los robots industriales se localiza en cinco países: China, Estados Unidos, Corea, Japón y Alemania, los que, al mismo tiempo, resultan los principales productores de la tecnología. La reciente expansión de las capacidades cognitivas a las máquinas implica que tareas de complejidad media también pueden ser automatizadas, generando pérdidas de empleo y desplazamiento de trabajadores a nuevas ocupaciones. Las economías más automatizadas, muestran tasas positivas de creación de empleo, lo que podría explicarse por el aumento de productividad propiciado por la incorporación de las nuevas tecnologías.

7 | *Habilidades híbridas soft-hard. La digitalización y la intensidad tecnológica de los distintos sectores de la industria impactan sobre las habilidades demandadas a los trabajadores y sobre las remuneraciones que perciben.*

Un estudio realizado por el Task Force sobre Economía Digital del G20², aborda la demanda de nueve habilidades cognitivas, no cognitivas y sociales: alfabetización; aritmética; habilidades relacionadas con TICs; habilidades STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemática); marketing y contabilidad; gestión y comunicación; resolución de problemas; auto organización; predisposición para aprender. Muestra que los trabajadores en sectores industriales intensivos en tecnologías di-

¹ Encuesta realizada por la consultora PwC, en 2016. Fuente: Global Industry 4.0 Survey: Industry 4.0: Building the digital enterprise Industrial manufacturing key findings.

² Towards the implementation of the G20 roadmap for digitalization: skills, business dynamics and competition. (2018). Paris: OECD.

giales exhiben, en promedio, una mayor dotación de todas estas habilidades en comparación con los trabajadores de sectores menos intensivos, y logran un mayor retorno por su trabajo. En particular, las habilidades de las TICs, la aritmética y las habilidades cuantitativas STEM, así como la auto organización y las habilidades de gestión y comunicación parecen ser especialmente reconocidas y remuneradas en los sectores más digitalizados. Asimismo, otros estudios³ muestran una creciente demanda orientada hacia la ingeniería, el desarrollo de código, la informática, la electrónica y el análisis de datos, así como también hacia habilidades no basadas en las ciencias duras, como el pensamiento crítico y la creatividad.

8 | Plataformas colaborativas como espacio de los empleos del futuro. Nacen emprendedores y startups que se nutren del ecosistema de innovación para acelerar sus proyectos, ganar escala y posicionarse en el mercado.

La descomposición del trabajo en tareas y la economía colaborativa llevan a la reducción del trabajo asalariado y a nuevas formas de organización laboral. En la medida en que la industria se esfuerza por digitalizar sus operaciones, las empresas entran en contacto con actores del mundo de las TICs. En la interacción con la industria, estos actores acceden a información muy valiosa relacionada con la empresa, la producción, y el negocio, sobre la que incorporan otros conocimientos y talentos que les permiten desarrollar soluciones puntuales para atender el mercado. La automatización aplicada a la administración y a la gestión de recursos humanos permite reducir los tiempos y costos asociados a la contratación de las personas, facilitando la tercerización de las tareas. Los nuevos modelos de negocios, la posibilidad de economía colaborativa y el trabajo autónomo en modalidad de prestación de servicios son algunos de los *drivers* que están modificando la forma en que se organiza el trabajo y sus relaciones. Desarrolladores de *software*, informáticos y profesionales de todas las disciplinas trabajando en forma remota y bajo modalidades de contratación del estilo *freelance* y *gig economy*⁴, son algunos ejemplos de estos cambios.

9 | Retos multidimensionales y reinención de modelos. La transformación digital desafía a todos los actores sociales en distintos planos.

Entre los desafíos tecnológicos se destacan: estandarizar las interfaces; perfeccionar los sistemas autónomos para la toma de decisiones; desarrollar infraestructura para el uso de grandes volúmenes de datos y mejorar la ciberseguridad. Entre los desafíos socioeconómicos cabe mencionar: evitar la concentración de las nuevas tecnologías en pocas empresas; garantizar la alfabetización

³ Jobs lost, jobs gained: What the future of work will mean for jobs, skills, and wages. (2017) McKinsey Global Institute's. Disponible en: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-organizations-and-work/jobs-lost-jobs-gained-what-the-future-of-work-will-mean-for-jobs-skills-and-wages>

- Entender el futuro del Trabajo (2017). Organización Internacional de Empleadores (OIE). Disponible en: http://www.ioe-emp.org/fileadmin/ioe_documents/publications/Policy%20Areas/future_of_Work/ES/2017-02-02_Entender_el_futuro_del_trabajo_-_Resumen_ejecutivo_web__print_.pdf

-The Future of Jobs Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution. (2016) World Economic Forum. Disponible en: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf

⁴ Podría traducirse como "pequeños encargos". Se trata de una modalidad de contratación relacionada con la economía colaborativa. Por ejemplo, la plataforma TaskRabbit conecta oferta y demanda para realizar servicios de mantenimiento, de arreglos y acondicionamiento en las casas (pintores, plomeros, gasistas, electricistas, jardineros, mudanzas, limpieza, etc.). El usuario explicita qué necesita y cuánto está dispuesto a pagar por ello, y la plataforma encuentra a las que se ajusten a sus necesidades y su presupuesto.

digital en forma universal; desarrollar habilidades en los trabajadores acordes a las nuevas exigencias; monitorear los impactos sobre el mercado laboral, con especial atención sobre la desigualdad de ingresos entre hombres y mujeres, y reducir de brecha digital de género. Entre los desafíos regulatorios, se requiere generar una nueva gobernanza en materia de seguridad y propiedad de los datos; nuevos mercados y actividades laborales; propiedad intelectual; seguridad nacional; monedas digitales, y bioética.

10 | De las ventajas comparativas y competitivas a las ventajas innovativas. La Revolución 4.0 desafía particularmente a los países emergentes; desplaza la competitividad basada en costos salariales y ventajas naturales, revaloriza el ecosistema productivo y el capital humano.

El uso generalizado de nuevas tecnologías desafía los patrones establecidos de ventaja comparativa, reduciendo la importancia relativa de la competitividad salarial. La necesidad de ecosistemas más exigentes en términos de infraestructura, logística, recursos humanos, requisitos regulatorios, base de proveedores, etcétera, aumenta los desafíos para la mayoría de los países en desarrollo. El comercio se está desplazando cada vez más a bienes y servicios digitales; los flujos de comercio intensivos en conocimiento ya están creciendo aproximadamente un 30% más rápido que los flujos comerciales intensivos en capital y mano de obra (OECD, 2016)⁵. Los mercados laborales se ven afectados mientras que los proveedores de capital intelectual y robótico, concentrados en los países desarrollados, se benefician particularmente. Entre los principales desafíos para los países emergentes, se destacan: reducir la brecha digital respecto a países desarrollados; promover la penetración y adopción de tecnologías 4.0 en sus ecosistemas productivos; establecer nuevas estrategias de integración comercial en las cadenas globales; mejorar la articulación entre la comunidad científica y el sector productivo; fortalecer los ecosistemas locales de innovación y promover el surgimiento de nuevos actores y nuevos mercados.

11 | De *made in Argentina* a *created in Argentina*. La adopción de las nuevas tecnologías está en la agenda de las empresas, pero aún permanece baja y con heterogeneidades según el tamaño de la empresa.

El 34% de las empresas argentinas tiene planeado incorporar todas las tecnologías de la industria 4.0 en los próximos 5 años, mientras que en Alemania y Francia ese porcentaje supera al 70%. Sin embargo, el 76% de los entrevistados reconoce que la evolución de su empresa hacia la industria 4.0 forma parte de los temas de discusión de la alta gerencia. Entre las principales limitantes para la implementación de estas tecnologías se reconoce: 1) la falta de personal capacitado (70% de respuestas); 2) la incertidumbre respecto al impacto de estas inversiones en el beneficio de la empresa (65%); 3) la resistencia al cambio y a la innovación (64%).⁶ Contrario es el caso de las firmas Tenaris y Sintoplast que muestran importantes niveles de adopción de nuevas

⁵ Enabling the next production revolution: the future of manufacturing and services-interim report: Meeting of the OECD Council at Ministerial Level Paris. (2016, 1-2 June). Paris: OECD.

⁶ Nieponice, G.; Rivera, R.; Tfelti, A. y Drewanz, J. (2018). Acelerando el desarrollo de la industria 4.0 en Argentina. Boston Consulting Group.

tecnologías. Tenaris ejemplifica la dinámica del intercambio de información y colaboración en sentido vertical dentro de una cadena de valor (integración proveedor-cliente). Sinteplast promueve la dinámica del intercambio de información y colaboración en sentido horizontal (integración de la empresa con otras empresas líderes de fabricación de pinturas) para el desarrollo de nuevos productos.

12 | Inmersión 4.0 a plurivelocidades. Los sectores más competitivos y exportadores de Argentina muestran una mayor adopción de las tecnologías de la industria 4.0, aumentando la brecha de productividades respecto a los sectores no transables.

Los especialistas consultados destacan que la digitalización industrial representa una nueva oportunidad para conseguir una inserción inteligente en los flujos de comercio internacional. La industria podría recuperar su liderazgo y generar más empleo, agregar de valor, participar en cadenas globales de valor e impulsar los procesos de innovación. Es necesario lograr una nueva síntesis entre los tres pilares de la estructura económica (recursos naturales, las capacidades del sector industrial, y del sistema científico tecnológico) y generar un entorno macroeconómico estable. Argentina no debe limitarse a ser usuario de nuevas tecnologías; puede convertirse en un productor de soluciones tecnológicas especializadas. Se destaca el potencial de la biotecnología y de algunas herramientas puntuales de política industrial como el Programa de Desarrollo de Proveedores del Estado y la reciente sanción de la Ley Compre argentino como *drivers* en la reconversión de la industria. A nivel regional, la experiencia de Brasil ofrece varios casos de empresas y sectores evolucionando hacia la industria 4.0 y muestra la importancia de los líderes corporativos en la visualización de las oportunidades ligadas a la innovación y establecimiento de nuevos modelos de negocios.

13 | Ejemplificación exponencial. Los casos de estudio de las empresas Tenaris y Sinteplast muestran importantes niveles de adopción de las tecnologías de la industria 4.0, modelos de negocios orientados al cliente e innovaciones exitosas conseguidas a partir de estrategias colaborativas.

Tenaris, desde hace más de 20 años trabaja colaborativamente con YPF para lograr una provisión de tubos *just in time*. Sobre la base de esta experiencia, en 2015 desarrolló *rig direct* un producto plataforma ofrecido a nivel global que permite reducir el capital de trabajo con que opera el sector. Es decir, Tenaris ejemplifica la dinámica del intercambio de información y colaboración en sentido vertical, dentro de una cadena de valor (integración proveedor-cliente). Sinteplast, en su búsqueda por reducir los inventarios y tiempos de entrega de los productos a sus clientes, opera con importantes niveles de automatización y digitalización. Además, participa de distintas organizaciones globales del sector de fabricación de pinturas, lo que le permite agilizar sus procesos de innovación. Es decir, Sinteplast ejemplifica la dinámica del intercambio de información y colaboración en sentido horizontal (integración de la empresa con otras empresas líderes de fabricación de pinturas) para el desarrollo de nuevos productos.

14 | A al cuadrado (A²) Automotriz automatizada: El sector automotriz es-cenifica, en todas sus dimensiones, la manera en que la industria tradicional evoluciona hacia una industria 4.0.

Este sector tiene una tradición de adopción temprana de nuevas tecnologías y concentra el mayor stock del capital robótico a nivel mundial, con una reciente y marcada tendencia hacia los robots colaborativos. La cadena global de valor (CGV) de la industria automotriz muestra históricos niveles de integración vertical y larga trayectoria de colaboración entre los distintos eslabones, aspectos que se han visto profundizados con la digitalización del sector. La Cuarta Revolución Industrial desafía a las automotrices a convertirse en “proveedoras de servicios de movilidad” dejando atrás el modelo de negocio 3.0. Líneas de producción flexibles, “vehículos conectados” y customerizados son tendencias entre las empresas fabricantes las cuales, además, enfrentan el desafío de competir o establecer estrategias de cooperación, con nuevos jugadores como proveedores de telemática, contenido, big data, servicios de telecomunicaciones y aseguradoras. Hacia el futuro, se espera que las mayores transformaciones del sector se basen en la aplicación de modelos de negocios centrados en el acceso (ya no en la posesión) y en la mayor penetración de tecnologías altamente disruptivas como el aprendizaje automático y el análisis de macrodatos, lo que podría llevar a nuevas experiencias de conducción, y seguramente, a la conducción autónoma. Esta situación modificará las rentas al interior de la industria; la participación de los servicios digitales en las utilidades de la industria automotriz pasará del 4% en 2015 al 36% en 2030.

15 | 4.0 es un asunto de Estado aún embrionario y parcial. A nivel global se observa una tendencia reciente de los gobiernos a desarrollar estrategias que promuevan la evolución hacia la Industria 4.0, aunque la mayoría de éstas se reduce a la difusión y el acceso de las empresas a las TICs.

Las administraciones se ven desafiadas a emprender acciones para garantizar el acceso y la difusión universal de las nuevas tecnologías; reducir impactos indeseados en términos de concentración económica o equidad social; definir estándares y marcos normativos que estimulen el surgimiento de nuevos actores y mercados, entre otros. Sin embargo, por tratarse de tecnologías emergentes, no existen recetas probadas que permitan garantizar resultados exitosos, menos aún, considerando la diferencia entre los puntos de partida de los países. Actualmente son muy pocas las experiencias de los países que han redefinido sus políticas industriales en base al nuevo escenario de la Revolución 4.0, en cambio, son muchos los que promueven la difusión y el acceso a las TICs. En este trabajo se analizaron las políticas adoptadas por Alemania y México. Alemania fue el país pionero en visualizar el impacto de la digitalización y en delinear una estrategia de largo plazo que le permitiese fortalecer la competitividad en el nuevo contexto. Esto lo ha convertido en un referente absoluto en el campo temático de la Revolución 4.0. México, fue el primero de los países de latinoamericanos en esbozar una estrategia en este sentido; en 2016 delineó un mapa de ruta para encaminar el proceso de digitalización de su industria.

REVOLUCIÓN 4.0



NUEVO ALGORITMO INDUSTRIAL · SISTEMAS PREDICTIVOS · RELOCALIZACIÓN
· MODELOS 360 · DEL PRODUCTO A LA EXPERIENCIA · GEOPOLÍTICA DE
LOS ROBOTS · DESIGN THINKING DE LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

El concepto de Revolución Industrial está ligado a cambios en las condiciones tecnológicas de producción. A lo largo de la historia hemos visto varios procesos de transformación radical donde el avance tecnológico ha impactado sustancialmente en las condiciones materiales y sociales de producción.

La Primera Revolución Industrial es identificada con la irrupción de la máquina a vapor, que tuvo sus primeras expresiones en Inglaterra en la segunda mitad del siglo XVIII, generando la migración de la población rural a las ciudades. La Segunda Revolución Industrial tuvo lugar cien años más tarde y fue impulsada por la generación de energía eléctrica, la producción en masa y la introducción de la línea de montaje. La Tercera Revolución Industrial en tanto, se inicia en los años setenta del siglo pasado con la automatización de procesos industriales gracias a los avances en la electrónica y la computación. La Cuarta Revolución Industrial, que ya está entre nosotros, se asocia con la informatización y digitalización de la producción, y con la generación, integración y análisis de una gran cantidad de datos a lo largo del proceso productivo y del ciclo de vida de los productos, facilitados fundamentalmente por Internet.

· EL NUEVO ALGORITMO INDUSTRIAL: SUS DIEZ PILARES

EN ESTE PERÍODO EL SECTOR MANUFACTURERO SE DIGITALIZA Y GANA IMPULSO CON EL AUMENTO DE LOS VOLÚMENES DE DATOS, LA POTENCIA EN LOS SISTEMAS COMPUTACIONALES Y LA CONECTIVIDAD.

La Cuarta Revolución Industrial, a la que sólo separan de su precedente 50 años, se define como la transición hacia nuevos sistemas ciberfísicos que operan en forma de redes más complejas y que se construyen sobre la infraestructura de la revolución digital anterior (Klaus Schwab, 2016)⁷. Su particularidad radica en la **convivencia de una gran variedad de tecnologías convergentes, que borran los límites entre lo físico, lo digital y lo biológico**, generando una fusión entre estos tres planos y ocasionando un verdadero cambio de paradigma (Foro Económico Mundial, 2016)⁸.

De la mano de Internet, **la transformación digital configura un nuevo mapa tecnológico** en el que intervienen y se conectan en tiempo real todos los actores sociales (consumidores, empresas, gobiernos, organizaciones de la sociedad civil) a través de distintos dispositivos (teléfonos celulares inteligentes, computadoras, sensores) y plataformas digitales (*e-commerce*, *e-government*, redes sociales), cambiando la forma en que producimos, trabajamos y nos comunicamos. En la actualidad, mientras que en los países desarrollados la gran mayoría de las personas están conectadas a Internet, en los países de menor desarrollo, el acceso universal a este servicio es considerado como un derecho impostergable. Según un estudio del INTAL realizado en base a los datos de la encuesta Latinobarómetro 2017, el 88% de los latinoamericanos considera que para moverse en el mundo actual es indispensable saber usar Internet y el 77% prioriza el acceso universal incluso sobre el desarrollo de infraestructura básica como carreteras (INTAL-BID, 2017)⁹.

7 Schwab, Klaus. (2016). The Fourth Industrial Revolution. Geneva: World Economic Forum.

8 Schwab, Klaus. (2016, 14 January). The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond. Disponible en: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>

9 Basco, A. (2017). La tecno-integración de América Latina: instituciones, comercio exponencial y equidad en la era de los algoritmos. Buenos Aires: INTAL BID. Disponible en: <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/8657/La-tecno-integración-de-América-Latina.PDF>

La novedad de esta época es que **la conectividad alcanza también a los objetos**, lo que es posible mediante internet de las cosas¹⁰. Así, se conectan las máquinas y las unidades productivas dentro de una misma empresa, e incluso, dentro de las cadenas de valor (proveedores, operarios, áreas comerciales, sistemas logísticos, consumidores, etc.). Para el Foro Económico Mundial, **la velocidad de los avances actuales no tiene precedentes** en la historia y las nuevas tecnologías involucran a casi todas las industrias de todos los países.

ORÍGENES DE UN CONCEPTO DISRUPTIVO

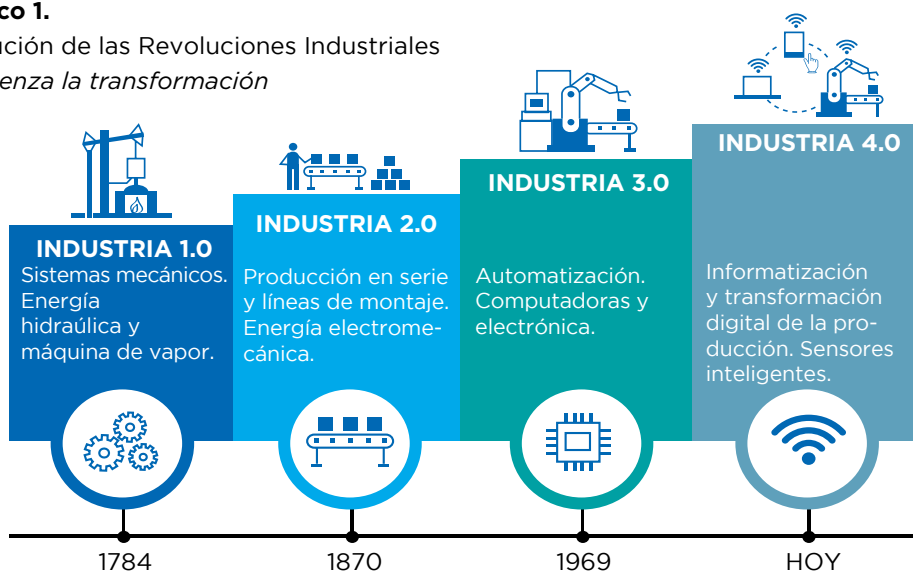
El concepto “Industria 4.0” surge en Alemania a comienzos de la década de 2010, acuñado por un grupo multidisciplinario de especialistas convocados por el gobierno alemán para diseñar un programa de mejora de la productividad de la industria manufacturera.

El término fue presentado por primera vez en la Feria de Hannover de 2011 y ganó protagonismo en muy poco tiempo. En la Feria de 2013 el grupo de especialistas presentó los resultados finales del estudio e hizo pública la estrategia del gobierno alemán para llevar a sus instalaciones fabriles a un nuevo estadio evolutivo. Así, el término “Industria 4.0” se convirtió en un eje central del Plan Estratégico de Alta Tecnología 2020 del gobierno alemán, y se instaló mundialmente como una de las referencias conceptuales de la Cuarta Revolución Industrial, aunque no es la única¹¹.

Desde la irrupción del término “Industria 4.0”, las revoluciones anteriores fueron conceptualmente asociadas a estadios previos en la evolución del sector industrial, dando lugar a los conceptos de Industria 1.0, Industria 2.0 e Industria 3.0.

Gráfico 1.

Evolución de las Revoluciones Industriales
Comienza la transformación



Fuente: Adaptación en base a Hallward- Driemeier Gaurav Nayyar (2018). Trouble in the Making? The Future of Manufacturing-Led Development, Banco Mundial.

¹⁰ En una publicación de la Fundación Telefónica (año 2016), dedicada a abordar el tema de Internet Industrial, se refuerza esta idea mediante el aporte de personalidades de referencia en diferentes campos del conocimiento que ofrecen su visión sobre la significancia y el impacto de la internet de las cosas aplicada a la industria y a la producción de servicios. La publicación data del año 2016 y fue titulada: “Internet Industrial Máquinas inteligentes en un mundo de sensores”.

¹¹ Otros términos como “Internet industrial”, “Internet de todo” “Internet de las cosas para la fabricación”, “empresa conectada”, “fábrica inteligente”, “empresa inteligente” son también utilizados para referirse a la Cuarta Revolución Industrial. En: Global manufacturing competitiveness index: report. (2016). London: Deloitte. Disponible en: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Manufacturing/gx-global-mfg-competitiveness-index-2016.pdf>

La Cuarta Revolución Industrial es la fase de la digitalización del sector manufacturero y está impulsada por el aumento de los volúmenes de datos, la potencia en los sistemas computacionales y la conectividad. Si bien muchas de las tecnologías que hoy convergen, ya existían, aunque de forma embrionaria y sin la robustez que hoy aportan, la diferencia con respecto al pasado se basa en la forma en que se combinan para generar disrupciones significativas.

Entre los pilares tecnológicos de la Industria 4.0 se destacan:

I | Sistemas de integración

Permiten integrar las tecnologías operacionales con las tecnologías de la información y la comunicación. Conectan máquinas con máquinas (M2M¹²), máquinas con productos, e integran las distintas áreas de la unidad productiva, impactando sobre la gestión interna de la empresa. Pero, además, permiten a través de plataformas digitales, la conexión entre la empresa y otros actores de su cadena de valor como proveedores, actores del sistema de logística y transporte, llegando hasta el cliente.

II | Máquinas y sistemas autónomos (robots)

Máquinas inteligentes que automatizan tareas que antes estaban circunscritas únicamente al dominio humano. En el mundo de la industria, la tendencia es avanzar sobre la automatización de los procesos productivos, la navegación y el control, la integración de sensores y actuadores, la comunicación de las interfaces. Se busca incrementar la robótica colaborativa¹³ para ir hacia fábricas inteligentes donde todas las áreas de la empresa puedan trabajar en forma conectada y con alto nivel de automatización en las tareas. Por ejemplo, una tendencia creciente en las fábricas inteligentes es la adaptación de vehículos de guiado automático (AGV) que pueden circular por la planta productiva, transportando productos intermedios y finales (de importante peso) desde una estación a otra, compartiendo el espacio con otros AGV y colaborando con los trabajadores.

III | Internet de las cosas (IoT)

Permite una comunicación de forma multidireccional entre máquinas, personas y productos, facilitando la toma de decisiones en base a la información que la tecnología recoge de su entorno. Utiliza nuevos sensores y actuadores que, en combinación con el análisis de big data y de computación en la nube, permite máquinas autónomas y sistemas inteligentes (OECD, 2016)¹⁴. IoT es una tecnología clave para que la industria manufacturera avance hacia la fabricación de productos inteligentes (incorporando servicios sobre los productos), genere una relación más estrecha con los consumidores finales y capte información sobre el desempeño y el uso de sus productos, incluso cuando estén en posesión del cliente. Por ejemplo, electrodomésticos con IoT que, mediante una conexión Wi-Fi, reportan al fabricante información en tiempo real y precisa como fallas, consumo, horas de uso, etc.

¹² Por sus siglas en inglés, "Machine to Machine."

¹³ Se trata de una nueva generación de robots, caracterizados por ser ligeros, flexibles y fáciles de instalar y, diseñados especialmente para interactuar con humanos en un espacio de trabajo compartido sin necesidad de instalar vallas de seguridad.

¹⁴ Enabling the next production revolution: the future of manufacturing and services-interim report: Meeting of the OECD Council at Ministerial Level Paris. (2016, 1-2 June). Paris: OECD.

IV | Manufactura aditiva

Permite fabricar piezas a partir de la superposición de capas de distintos materiales tomando como referencia un diseño previo, sin moldes, directamente desde un modelo virtual. Esta tecnología descentraliza las etapas de diseño y desarrollo de productos e introduce un mayor componente de servicios y *software* a la manufactura¹⁵. En la industria aeronáutica, por ejemplo, es utilizada para la producción de piezas más ligeras que las tradicionales, permitiendo ahorro de combustible debido al menor peso de los aviones. La impresión 3D ofrece enormes ventajas para reproducir piezas y objetos cuya fabricación conlleva cierta dificultad, ya sea por la especificidad y complejidad de su diseño o porque insume demasiadas horas de trabajo u obliga a reconfigurar máquinas y líneas, con enormes pérdidas de productividad. Por lo tanto, la manufactura aditiva se utiliza para prototipar y para producir componentes individuales muy específicos en lotes pequeños o series cortas¹⁶. La posibilidad de fabricar localmente podría impactar sobre el comercio en las cadenas globales de valor.

V | Big data y análisis de grandes datos

Se refiere a datos caracterizados por su volumen (gran cantidad), velocidad (a la que se generan, accede, procesan y analizan) y variedad de datos estructurados y no estructurados (OECD, 2016)¹⁷. Estos datos pueden ser reportados por máquinas y equipos, sensores, cámaras, micrófonos, teléfonos móviles, *software* de producción, y pueden provenir desde diversas fuentes, como empresas, proveedores, clientes y redes sociales. El análisis de estos datos mediante algoritmos avanzados es clave para la toma de decisiones en tiempo real, permite alcanzar mejores estándares de calidad de producto y procesos, y facilita el acceso a nuevos mercados (fenómeno que se conoce como Innovación basada en Datos¹⁸). Esta es una de las tecnologías de Industria 4.0 más demandada a nivel corporativo. Según una encuesta realizada por PwC, casi el 73% de las empresas relevadas dijo que el análisis de big data desempeña un papel fundamental en el proceso de toma de decisiones. Para los entrevistados, otro uso de esta herramienta es controlar y mejorar la planificación comercial y de fabricación y se la considera útil para obtener un mejor enfoque del cliente.

VI | Computación en la nube

Ofrece almacenamiento, acceso y uso de servicios informáticos en línea. Puede expresarse en tres niveles diferentes, según el servicio provisto: infraestructura como servicio, plataforma como servicio y *software* como servicio. Esta tecnología permite a las empresas acceder a los recursos informáticos de una manera flexible con un bajo esfuerzo administrativo y desde distintos dispositivos, ofreciendo agilidad, interoperabilidad y escalabilidad. Muchas de las aplicaciones que hasta hace poco requerían de la instalación de un programa en un servidor alojado en las empresas, ahora son ejecutadas de forma remota. Esto es clave para aplicaciones industriales con elevados requerimientos informáticos.

15 Fressoli y Smith (2015). Impresión 3D y fabricación digital: ¿Una nueva revolución tecnológica? Integración y Comercio 19 (39), Septiembre de 2015, p. 116-129, BID-INTAL. Disponible en: <https://publications.iadb.org/handle/11319/7262>

16 Pernas (2017). Impresión 3D y comercio. Conexión INTAL, Septiembre de 2017, INTAL-BID. Disponible en: <http://conexionintal.iadb.org/2017/10/02/el-comercio-toma-dimension/>

17 Enabling the next production revolution: the future of manufacturing and services-interim report: Meeting of the OECD Council at Ministerial Level Paris. (2016, 1-2 June). Paris: OECD.

18 Data Driven Innovation (DDI por sus siglas en inglés). Según la OCDE, estudios realizados a nivel de empresa sugieren que el uso de DDI puede aumentar la productividad laboral en aproximadamente un 5-10%, en comparación con los no usuarios.

VII | Simulación de entornos virtuales

Permite ajustar y representar virtualmente el funcionamiento conjunto de máquinas, procesos y personas en tiempo real antes de ser puestos en marcha, lo que ayuda a prevenir averías, ahorrar tiempo y evaluar el resultado final en un entorno controlado. Es decir, permite reducir los costos asociados a procesos de aprendizaje (de “prueba y error”) mediante una representación virtual para el diseño de nuevos productos, o bien probar distintas configuraciones en las operaciones de la planta productiva. Por ejemplo, los operadores pueden probar (en el mundo virtual) distintas configuraciones hasta lograr una “configuración virtual óptima” que será luego plasmada en la línea física de producción. Además, las experiencias obtenidas en el mundo real servirán para mejorar el entorno virtual, generando una suerte de colaboración entre la planta física y su representación virtual (“planta virtual”).

VIII | Inteligencia Artificial

Se basa en el desarrollo de algoritmos que permiten a las computadoras procesar datos a una velocidad inusual (tarea que antes requería de varias computadoras y personas), logrando además aprendizaje automático. Los algoritmos se nutren de datos y experiencias recientes y se van perfeccionando, habilitando a la máquina con capacidades cognitivas propias de los seres humanos como visión, lenguaje, comprensión, planificación y decisión en base a los nuevos datos. En la industria, permite el desarrollo de modelos neuronales aplicados a procesar imágenes reforzando la seguridad y el control de calidad; la predicción de series temporales de consumo eléctrico, y el desarrollo de estrategias de control para la gestión optimizada de estaciones de producción, entre otras¹⁹.

IX | Ciberseguridad

Es fundamental para que todas las demás tecnologías logren una adecuada penetración en esta fase de digitalización. La evolución hacia una industria inteligente y la integración creciente de los actores de las cadenas de valor a través de internet, la computación en la nube y las plataformas digitales, obliga a desarrollar mecanismos de la ciberseguridad en los entornos industriales. En la medida en que sean más los dispositivos, máquinas y personas conectadas, se valorará la oferta de herramientas preventivas que permitan detectar, anticipar y neutralizar amenazas sobre los sistemas de información de las empresas.

X | Realidad aumentada

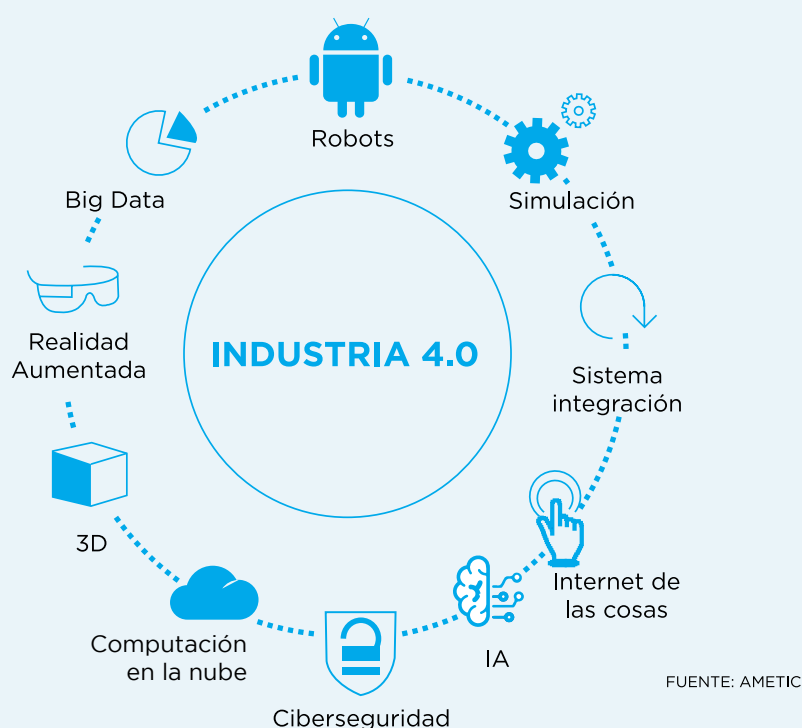
Permite complementar el entorno real con objetos digitales. Se trata de sistemas que combinan la simulación, el modelado y la virtualización permitiendo nuevas fórmulas para el diseño de productos y la organización de los procesos, otorgando flexibilidad y rapidez en la cadena productiva. Estos sistemas tienen una variedad de aplicaciones, como la selección de piezas en un depósito, el envío de instrucciones para la reparación de fallas a través de dispositivos móviles o la capacitación de los recursos humanos en entornos virtuales

¹⁹ Algoritmolandia: Inteligencia Artificial para una integración predictiva e inclusiva de América Latina (2018). Integración y Comercio. 22(44). Buenos Aires: INTAL-BID.

que simulan la realidad de la planta. Si bien esta tecnología se encuentra en un estadio inicial de desarrollo, se espera que las empresas hagan un uso mucho más amplio de ellas para proporcionar a los trabajadores información en tiempo real, mejorar la toma de decisiones y optimizar los procesos productivos (OCDE, 2016)²⁰.

Gráfico 2.

Pilares Tecnológicos de la Industria 4.0.



La oferta de estas tecnologías se completa con otras: drones, sensores inteligentes, controladores, plataformas electrónicas abiertas, sistemas de localización, sistemas de autoidentificación y *blockchain*²¹ son algunos de los muchos ejemplos que emergen por la convergencia de los pilares tecnológicos mencionados y juegan un rol igualmente relevante en la amplificación de la matriz tecnológica actual. A lo largo de este documento, denominaremos a todo este universo tecnológico como “nuevas tecnologías industriales digitales” o “tecnologías 4.0”.

20 Enabling the next production revolution: the future of manufacturing and services-interim report: Meeting of the OECD Council at Ministerial Level Paris. (2016, 1-2 June). Paris: OECD.

21 El Blockchain (cadena de bloques, en español) es una base de datos cifrada y distribuida (no centralizada), que permite la realización de transferencias de cualquier cosa que pueda ser digitalizada. Es cifrada porque las transferencias de datos se van grabando en bloques encadenados entre sí; cada bloque tiene un hash o contraseña numérica del bloque anterior, siendo prácticamente imposible modificar un bloque. Es distribuida porque los datos se guardan a modo de copias entre todos los equipos informáticos que forman la red, y no en un único servidor. Por lo tanto, al utilizar claves criptográficas y al estar distribuido por muchos ordenadores (personas) presenta ventajas en la seguridad frente a manipulaciones y fraudes. Gracias a estas dos características esenciales, el blockchain se considera como la mejor red peer-to-peer. Una de sus aplicaciones más difundidas son las criptomonedas; a nivel global se calcula que existen unas 1.500 criptomonedas distintas, operadas por 25.000 millones de personas (150.000 en Argentina), aunque su popularidad es creciente, el mercado global de criptomonedas es todavía “chico” (no supera los \$400.000 millones de dólares). Pero su potencial es enorme en varios sectores. Por ejemplo, se puede confiar la información de trazabilidad de un producto, de un contrato, de un registro de propiedad, del voto electrónico, entre otros.

LA PERCEPCIÓN DE LOS CAMBIOS

¿La sociedad está preparada para incorporar tecnologías disruptivas? Al parecer, muchas de estas innovaciones siguen siendo altamente resistidas en la región. Según un estudio realizado por el INTAL, sólo 23% de los latinoamericanos estaría dispuesto a viajar en un vehículo conducido por un robot (en Estados Unidos este porcentaje asciende a 44%), el 22% aceptaría ser operado a la distancia y sólo el 8% estaría dispuesto a comer carnes producidas artificialmente (INTAL-BID, 2017)²². El mismo estudio muestra que la población usuaria de Internet (49% de la población regional total) es un poco más receptiva para incorporar tecnologías disruptivas. También alerta que, aunque el 44% de los latinoamericanos tiene smartphone, sólo el 14% realizó compras por e-commerce en el último mes. En este sentido, el INTAL destaca la presencia de factores, más allá de los culturales, que pueden incidir en la baja penetración del e-commerce en la región (la disponibilidad de tarjetas de crédito u otro medio de pago electrónico, la seguridad y confianza en el sitio de pago, la confianza en el medio de entrega, etc.).

¿Las empresas manufactureras están preparadas para adoptar las tecnologías 4.0? Los resultados de la encuesta global “Industry 4.0” de la consultora PwC²³, realizada en 2016 sobre 2.000 directivos de nueve sectores industriales en 26 países, mostró dos tendencias fundamentales:

| Los mayores esfuerzos hacia la digitalización y la integración de las empresas se concentran en las áreas de desarrollo de producto e ingeniería. Las empresas se están volviendo expertas en agregar sensores y funcionalidades a máquinas que pueden integrarse con el entorno digital más amplio, produciendo dispositivos que brindan mayor precisión y que pueden traducir los datos para la toma de decisiones en tiempo real.

| En todos los sectores de la industria, la integración con proveedores, clientes y otros socios de la cadena de valor avanza más lentamente que la integración entre las áreas internas de la empresa.

22 Basco, A. (2017). La tecno-integración de América Latina: instituciones, comercio exponencial y equidad en la era de los algoritmos. Buenos Aires: INTAL-BID. Disponible en: [https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/8657/La tecno-integración de América Latina.PDF](https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/8657/La%20tecno-integración%20de%20América%20Latina.PDF)

23 PWC, 2016 Global Industry 4.0 Survey: Industry 4.0: Building the digital enterprise Industrial manufacturing key findings.

· HACIA LA FÁBRICA INTELIGENTE: LOS CAMINOS DE LA PREDICCIÓN INDUSTRIAL

CON ALTOS NIVELES DE AUTOMATIZACIÓN Y DIGITALIZACIÓN, LAS FÁBRICAS INTELIGENTES SE INTEGRAN HORIZONTAL Y VERTICALMENTE, LOGRANDO OTRAS FORMAS DE PRODUCCIÓN, NUEVOS MODELOS DE NEGOCIO Y DE VÍNCULO CON SUS CLIENTES.

La aplicación de tecnologías de **la industria 4.0 revierte la lógica del proceso de producción convencional**: las máquinas de producción industrial ya no “procesan” el producto, si no que el producto se comunica con la maquinaria para “decirle exactamente qué hacer” (GATI, 2015)²⁴.

Una fábrica inteligente organiza sus actividades a partir de la comunicación de uno o varios sistemas ciberfísicos²⁵, la Internet de las cosas y la computación en la nube para ayudar a personas y a máquinas en la ejecución de sus tareas cotidianas. La implementación de estas tecnologías le permite a la empresa lograr **una mayor integración mediante la transmisión automática de datos entre celdas y sistemas** de la planta de producción (comunicación M2M, producto-máquina) y mediante el **intercambio de información entre distintas áreas de la organización** (producción, depósitos, área de compras, logística, ventas, atención al cliente). Es decir, los sistemas ciberfísicos representan una evolución de los actuales sistemas TIC porque permiten una mayor interconexión, colaboración, independencia, adaptabilidad, seguridad o usabilidad de todo tipo de objetos, procesos o servicios.

Con altos niveles de automatización y digitalización, una fábrica inteligente se integra horizontal y verticalmente, logrando una **producción flexible**, orientada a las necesidades de los clientes. La línea de producción tradicional se digitaliza y ya no se limita a la fabricación de un único producto ya que el soporte informático permite flexibilizar las distintas estaciones productivas a una combinación de productos cambiante, optimizando la utilización de la capacidad instalada y los recursos. Se verá más adelante que **la gran capacidad de estas fábricas para generar, procesar y analizar datos deriva en la toma de decisiones de forma descentralizada y en modelos de negocios centrados en el cliente**, orientados hacia la fabricación de “productos inteligentes”.

En la actualidad, hay cada vez más empresas que utilizan Sistemas de Planificación de Recursos Empresariales (ERP, por sus siglas en inglés, *Enterprise Resource Planning*) que les permiten, a través de un *software*, **gestionar distintas operaciones internas** como la producción en planta, las compras de insumos y materiales, la distribución, y los recursos humanos. Además, muchas empresas tienen desde hace más de una década páginas web, utilizan correo electrónico, e incluso algunas ofrecen sistemas de compra online mediante plataformas de *e-commerce*.

²⁴ Smart manufacturing for the future. Berlin: Germany Trade and Investment; Securing the future of German manufacturing industry. (2016). National Academy of Science and Engineering.

²⁵ También son conocidos como Sistemas Integrados. Permiten conectar las dimensiones físicas y digitales mediante el uso de tecnologías específicas que actúan como puente (sensores, controladores, wearables, redes de datos, realidad aumentada, impresión 3D, diseño y simulación, robótica autónoma, etc.). Estas tecnologías ofrecen la posibilidad comunicar, analizar y usar la información obtenida para impulsar acciones concretas en mundo físico. En: Global manufacturing competitiveness index: report. (2016). London: Deloitte. Disponible en: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Manufacturing/gx-global-mfg-competitiveness-index-2016.pdf>

¿En qué sentido puede Internet revolucionar a la industria? **En algunos sectores puntuales, como la música, Internet ha modificado completamente el negocio.** En este mercado, el concepto de “posesión” perdió relevancia y la experiencia de escuchar música cambió radicalmente. El *streaming* permite consumir música sin necesidad de pagar por la descarga; se reproducen archivos de audio y video en tiempo real a través de plataformas como Spotify, Deezer o Napster bajo la modalidad de suscripción y de plataformas como YouTube o Vevo en forma gratuita. Los aficionados a la música perdieron la necesidad de “coleccionar discos” y, en cambio, utilizan las redes sociales para compartir su identidad musical con amigos y con la comunidad digital. En este contexto, las discográficas vieron caer sustancialmente las ventas de discos y fueron desafiadas a encontrar nuevos modelos de negocios. Actualmente, sus principales fuentes de ingreso son las licencias y los espectáculos en vivo.

Para la industria manufacturera, el surgimiento de sensores inteligentes a valores cada vez más accesibles, que transmiten información de lo que ocurre en la planta en tiempo real, promete tener **implicancias igualmente disruptivas.** En el proceso industrial, la aplicación de sensores permite captar datos sobre temperatura, humedad, ocupación en el espacio, consumo de los equipos, presencia de gases, desplazamiento y localización de productos.

Pero lo cierto es que se trata de **la convergencia de varias tecnologías** que permiten montar y ofrecer una infraestructura de conectividad inalámbrica, como así también, implementar desarrollos informáticos que, mediante el análisis de los datos, **logran anticipar los comportamientos del mundo real, ofreciendo un modelo de predicción muy ajustado.** La fusión de estas tecnologías podría derivar en el desarrollo de sistemas automáticos de detección de fallas o en sistemas inteligentes de mantenimiento de equipos que detectan “el mejor momento” para realizar estas tareas aun cuando no fueron planificadas. Esto es particularmente disruptivo considerando que, para la industria tradicional, las acciones de mantenimiento de equipos se planifican con antelación para “prevenir” desperfectos. Dicha prevención se basa en información estadística; a modo de ejemplo, podríamos suponer que un fabricante de equipos alerta a sus usuarios que cuando el equipo alcanza las 120.000 horas de uso, será el momento indicado para realizar las tareas de mantenimiento. En la industria tradicional, estas tareas se realizan en forma preventiva y planificada para evitar paradas imprevistas, aun cuando en algunos casos podrían haberse pospuesto varios meses. Lo propio ocurre con los automóviles, cuyos fabricantes “previenen” al cliente de que el vehículo debe pasar por su primer servicio técnico a los 10.000 km. o al año de haberlo comprado, lo que ocurra antes.

En los modelos predictivos de la Industria 4.0, el mantenimiento se realiza cuando **la información recibida y analizada a través de distintos programas y algoritmos predice que podrían producirse desperfectos.** En el año 2016, Investigadores de la Universidad Nacional de Río Cuarto obtuvieron la patente por el desarrollo de un método que permite detectar con precisión

y de manera incipiente fallas en el funcionamiento de motores eléctricos de uso industrial²⁶. La innovación está representada por un *software* orientado particularmente a máquinas eléctricas rotativas (motores trifásicos de inducción que se utilizan comúnmente en cualquier industria), pero el grupo de investigación logró avances en el desarrollo de aplicaciones de diagnóstico para turbinas eólicas, que son costosas y que, en general, están ubicadas en lugares de muy difícil acceso, lo que implica que su mantenimiento y reparación sean muy onerosas.

Además, la Internet Industrial permite a los fabricantes de equipos inteligentes recibir información sobre el desempeño de la maquinaria, incluso cuando esta se encuentra productiva en las instalaciones del cliente. Es decir, el fabricante ha cambiado su modelo de negocio; **no sólo vende maquinaria para la industria, sino también servicio de detección de fallas, detección de niveles críticos de insumos, actualización del *software*, información y mantenimiento del *hardware***, brindándole al cliente la tranquilidad de que sus equipos están controlados y operan siempre bajo condiciones de seguridad e idoneidad. Un ejemplo de ello se encarna en la empresa metalúrgica alemana Trumpf cuyo negocio principal fue, durante mucho tiempo, la fabricación de herramientas y maquinarias para la industria. En el contexto de la Revolución 4.0, la empresa cambió su modelo de negocios y encontró la oportunidad para construir un producto nuevo basado puramente en *software* y datos: se trata de una plataforma llamada “Axoom IoT”, que conecta las máquinas construidas por Trumpf y otros fabricantes, y utiliza los datos que recoge de éstas para ayudar a los clientes a organizar su producción. Por ejemplo, para advertirles que se están quedando sin material o para que realicen sus pedidos directamente al proveedor²⁷.

En síntesis, la combinación de tecnologías como los sistemas ciberfísicos, la IoT, la computación en la nube y big data, permiten **obtener información en tiempo real, procesarla y analizarla, dejando atrás el modelo de prevención** (aplicado al mantenimiento de equipos, a la demanda de insumos, al comportamiento del mercado) y permitiendo nuevas formas para predecir sucesos. Estos modelos predictivos se alimentan de información que puede provenir de fuentes propias de la empresa (sistemas ERP²⁸, CRM²⁹, SCM³⁰ y equipos con conexión M2M), o de fuentes externas, como comentarios a través de plataformas web y redes sociales o productos inteligentes que están en posesión de los clientes y se encuentran conectados a Internet.

26 Ferreyra, Alberto. (2016, 12 diciembre). Desarrollan un sistema que detecta fallas en motores eléctricos industriales. Argentina Investiga. Disponible en: http://argentinainvestiga.edu.ar/noticia.php?titulo=desarrollan_un_sistema_que_detecta_fallas_en_motores_electricos_industriales&id=2486

27 Axoom allana el camino hacia el Internet de las cosas a los fabricantes de maquinaria. (2017, 1 octubre). Interempresas. Disponible en: <https://www.interempresas.net/Deformacion-y-chapa/Articulos/167135-Axoom-allana-el-camino-hacia-el-Internet-de-las-cosas-a-los-fabricantes-de-maquinaria.html>

28 “Enterprise Resource Planning”. En español: Sistema de Planificación de Recursos Empresariales.

29 “Customer Relationship Management”. En español: Sistemas de gestión enfocados en los clientes.

30 “Supply Chain Management”. En español: Sistema de gestión de la Cadena de Suministros.

SUBIÉNDONOS A LAS PLATAFORMAS

Las plataformas digitales crean valor porque son el espacio en que se encuentran oferentes y demandantes de un producto o servicio. Los mercados de consumo basados en plataformas se caracterizan por efectos de red; cuantos más usuarios atraiga una plataforma, mejor será la coincidencia o *matches* entre oferta o demanda, lo que incrementará el valor del ecosistema e iniciará un círculo virtuoso que se retroalimenta. Este “efecto de red” propicia mercados *winner-takes-all*, en los que sólo hay espacio para unos pocos ganadores.

Es decir, en los mercados de consumo, los recién llegados pueden dominar rápidamente explotando los “efectos de red”.

Sin embargo, en otros mercados más complejos, por ejemplo, en la fabricación de equipos industriales, las cosas son diferentes: los cambios toman más tiempo, por lo que la oferta y la demanda se mueven más lentamente y los “efectos de red” de las plataformas son menos potentes. En general, para la industria manufacturera, no es fácil desarrollar ni administrar una plataforma porque a diferencia de las grandes empresas de TI que han crecido administrando esos “ecosistemas”, esto les resulta totalmente ajeno. Las empresas manufactureras están generando una gran cantidad de datos, pero no todas tienen capacidad para integrarlos en nuevos modelos de negocios. Las plataformas se valoran por la posibilidad de compartir los datos que reúnen, por eso las mejores suelen resultar de combinar información proveniente de diferentes fuentes. Además, para que las plataformas tengan éxito es clave que tiendan a ser “abiertas”, lo que implica que sus propietarios alienten a otras empresas, incluidos los competidores, a crear aplicaciones que funcionen con ellas. Entre las empresas manufactureras, este proceso está teniendo lugar, pero a un ritmo mucho más lento de lo que ocurre en otros mercados como el de los productores de servicios. Por ejemplo, la empresa Bosch ofrece una “Suite IoT” para ayudar a otras compañías a crear nuevos servicios en torno a los dispositivos conectados. Deutsche Telekom se ha asociado con otras firmas para establecer Qivicon, una plataforma de hogar inteligente para competir con las de Apple y Google.

RED INDUSTRIAL, LA NUEVA CADENA DE VALOR RELOCALIZADA

EL INTERCAMBIO DE DATOS Y LOS NUEVOS MODELOS DE NEGOCIOS EMPRESARIALES PROMUEVEN LA INTEGRACIÓN DE LAS CADENAS DE VALOR EN REDES COLABORATIVAS.

Las tecnologías 4.0 permiten avanzar un poco más sobre el tradicional modelo “*just in time*” al habilitar el intercambio de información en tiempo real de todos los actores que participan de la cadena de valor y en varias

direcciones conformando una red. Además de compartir información a través de los sistemas y plataformas de integración descritos oportunamente, las empresas pueden compartir información generada a partir de la relación con sus clientes, ya sea por la implementación de IoT, o de información conseguida en las redes sociales en las plataformas colaborativas o en la web.

En la medida en que la Industria 4.0 permite establece nuevos modelos de negocio, fundamentalmente aquellos centrados en establecer productos personalizados e inteligentes, encuentra **espacios para la generación de acuerdos y mecanismos de colaboración** con otras empresas, o redes de *partners* de productos complementarios.

Actualmente, son muchos los casos de colaboración entre las empresas en torno a estrategias de reconversión de productos tradicionales en “productos inteligentes”, lo que básicamente implica incorporar la prestación de servicios sobre el producto original. **Los acuerdos entre empresas manufactureras y empresas de TICs y telemática son cada vez más frecuentes.** Por ejemplo, la estadounidense Tesla, dedicada a la fabricación de autos eléctricos, está trabajando en cooperación con la empresa de microprocesadores AMD en la creación de un chip de inteligencia artificial para el desarrollo de sistemas autónomos de conducción. Esta alianza estratégica le permitiría a Tesla diferenciarse de sus competidores logrando un GPU³¹ único, lo que implicaría además dejar de proveerse de Nvidia, que también le vende a Toyota, Audi, Volvo y varios competidores más. En la Argentina, **Tenaris e YPF trabajaron colaborativamente para el desarrollo de una plataforma digital que permite reducir el capital de trabajo** destinado a inventarios de los tubos en la producción de petróleo.

La integración de las cadenas de valor en redes colaborativas podrá profundizarse en la medida en que avance la gobernanza sobre las cuestiones de ciberseguridad, protección de datos y de propiedad intelectual, garantizando a los usuarios y a las empresas que los riesgos de pérdida o robo de información se encuentran minimizados.

Este aumento de la productividad generado por la automatización y la robotización, ¿dinamiza el comercio entre los países? ¿Cómo afecta al valor agregado dentro de las cadenas globales?

La aplicación de tecnologías de la Industria 4.0 y los nuevos modelos de negocios que emergen, llevan a las empresas globales a repensarse por completo. Estas compañías pueden relocalizar (*reshoring*) en sus regiones o países de origen³² las tareas de fabricación que antes habían sido deslocalizadas (*offshoring*).

31 GPU (Graphics Processing Unit) es un coprocesador dedicado al procesamiento de gráficos u operaciones de coma flotante, para aligerar la carga de trabajo del procesador central en aplicaciones 3D interactivas.

32 Suelen presentarse casos en los que, por ejemplo, la fabricación de una empresa alemana (previamente deslocalizada a China) regresa a otro país de la Unión Europea, y no necesariamente a Alemania. Estos casos, son también considerados por la Unión Europea como casos de *reshoring*.

El impacto de las nuevas tecnologías sobre el comercio internacional y los flujos bilaterales de los países que integran cadenas globales de valor permanece poco explorado en la literatura. La evidencia empírica sugiere que **la automatización y el uso creciente de robots pueden conducir hacia la reversión parcial de las tendencias de deslocalización de procesos de manufactura y ensamblaje** que caracterizaron a las cadenas globales de valor en sectores como el automotriz, la electrónica, el textil y la fabricación de equipos, entre otras (INTAL-BID, 2017)³³. Estas tecnologías parecen erosionar las ventajas competitivas basadas en la oferta de mano de obra barata que supieron caracterizar a algunas economías nacionales. Asimismo, otros aspectos vinculados con la competitividad, tales como el sistema de infraestructura, logística y conectividad digital, el costo energético y los talentos de las personas acordes a las exigencias de la Industria 4.0, podrían volver a ocupar un lugar determinante sobre las decisiones de localización de las empresas globales.

Algunos años atrás, en la industria textil se creía que, por la combinación de dificultades tecnológicas para la manipulación de las telas y la geografía de los grandes talleres textiles del mundo (localizados en países de bajo costo laboral), la ecuación financiero-tecnológica no podría arrojar resultados que -en el mediano plazo- inclinaran a la industria textil hacia la automatización o la robotización. Pero el aumento de los costos laborales, incluso en los países asiáticos y el abaratamiento de la tecnología cambiaron las cosas. La automatización ya no existe únicamente en las empresas textiles, sino también en las etapas de la confección. **La cadena global de valor de la industria textil no es ajena a las transformaciones que supone esta Cuarta Revolución Industrial**, y aunque la dotación de robots industriales en este sector es muy inferior a la de la industria automotriz o la electrónica, el fenómeno de la relocalización de la producción textil ya no representa un hecho aislado.

Mohammadi Group, con fábricas en Asia y que produce suéteres para H&M, Zara y otras marcas occidentales, empezó en 2012 un proceso de automatización progresivo de sus empresas. Por ejemplo, en la fábrica Mohammadi Fashion Sweaters Ltd., que opera en la capital de Bangladesh, los 500 trabajadores que se distribuían entre las distintas estaciones de tejido en jornadas de 10 horas diarias fueron reemplazados por 173 máquinas fabricadas en Alemania que tejen prendas para consumidores europeos³⁴. Y aunque lo mismo ocurrió con otras empresas textiles del país, según datos oficiales, la automatización ha impulsado a la producción textil, mientras que las exportaciones del sector habrían aumentado 19,5% entre 2013 y 2016. Distinto es el caso de la industria textil en Reino Unido que, según datos de la UKFT (Fashion & Textiles Association), había sufrido importantes pérdidas de puestos de trabajo en el proceso de *offshoring* iniciado en la década de los noventa, lo que implicó pasar de 750.000 puestos de trabajo en los años 70 y 80 a 100.000 trabajadores en la actualidad.

33 "El Informe Technology at Work 2.0 (Citi, 2016) realizado conjuntamente por investigadores del Banco Citi y la Universidad de Oxford y el documento Robots and Industrialization in Developing Countries publicado por la UNCTAD (2016) plantearon la hipótesis de que el creciente uso de robots industriales en países desarrollados podría sustituir empleos previamente deslocalizados a países en vías de desarrollo". En: Robotización: el futuro del trabajo en la integración 4.0 de América Latina. (2017). Integración y Comercio. 21(42). Disponible en: <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/8487/Revista-Integracion-y-Comercio-42.PDF>

34 Emont, Jon. (2018, 16 february). The robots are coming for garment workers. That's good for the U.S., bad for poor countries. The Wall Street Journal. Disponible en: <https://www.wsj.com/articles/the-robots-are-coming-for-garment-workers-thats-good-for-the-u-s-bad-for-poor-countries-1518797631>

La novedad es que **varias empresas han cambiado su estrategia de integración global y empezaron a desandar el camino iniciado en la fase de globalización**, para invertir en automatización y robótica e instalar plantas productivas en su país de origen. Este es el caso de Burberry, que en 2015 anunció su decisión de regresar a Inglaterra sus fábricas deslocalizadas en Japón desde 1970 y en China desde 1994. El *reshoring* implicó para la empresa una inversión de más de 50 millones de libras, destinadas a instalar en la ciudad de Leeds una fábrica para la producción de la tela gabardina y abrigos, que emplea a 200 trabajadores³⁵. Al parecer, los *drivers* de esta decisión fueron la desaceleración del mercado asiático y una mayor revalorización del factor “made in Britain” entre los clientes de productos de lujo.

La empresa alemana Adidas, especializada en calzado y ropa deportiva, que había deslocalizado la producción en China y Vietnam en 1995, emplea actualmente a más de 50.000 personas en todo el mundo. En 2015 produjo 300 millones de pares de zapatillas. En el marco de una estrategia de crecimiento, la empresa se ha fijado el objetivo de aumentar su producción en 30 millones de pares por año hasta el 2020. Siguiendo a Nike, su principal competidor, **Adidas decidió invertir en robótica para fabricar zapatillas y alcanzar su objetivo de crecimiento** en 2020³⁶. La construcción de la primera planta robotizada comenzó en 2016 en Ansbach, sur de Alemania, mientras que en 2017 lanzó la construcción una “Speedfactory” en Estados Unidos. En conjunto, se espera que las fábricas robotizadas produzcan un mínimo de un millón de pares de zapatos cada año y generen 160 nuevos empleos de mediana y alta calificación en Alemania. Dado que la inversión se enmarca en una estrategia de crecimiento, Adidas no prevé suspender la producción de sus subcontratistas en Asia y ofrecerá las zapatillas producidas en Alemania y Estados Unidos al mismo precio de aquellas fabricadas en Asia³⁷.

Basados en estos ejemplos, **podríamos preguntarnos si el crecimiento tecnológico y el aumento de la productividad generado por la automatización y la robotización de la producción en las cadenas globales de valor (CGV) dinamizan el comercio entre países**. Otros interrogantes son: ¿Tiene un impacto positivo sobre las exportaciones como en el caso de Bangladesh? O, por el contrario, ¿pueden conducir a mecanismos de sustitución y *reshoring*? La relocalización de la producción en las cadenas globales de valor, ¿es una consecuencia inevitable de la robotización? ¿Es una oportunidad para todos los sectores de la industria? ¿Reduce los flujos comerciales bilaterales como en el caso Burberry en Reino Unido? El impacto sobre las CGV dependerá, en cierta forma, de las decisiones adoptadas por las empresas globales sobre el objetivo, destino y localización de sus inversiones en nuevas tecnologías. Por ejemplo, si el objetivo de la incorporación tecnológica fuese aumentar la producción para lograr una mayor inserción en el mercado internacional, podríamos esperar un impacto positivo en la CGV. Si en cambio, el fin fuese sustituir bienes intermedios, o producir el bien final más cerca del mercado de consumo, podríamos esperar un impacto negativo en la CGV.

³⁵ European Reshoring Monitor. Disponible en: <https://reshoring.eurofound.europa.eu/reshoring-cases/burberry>

³⁶ European Reshoring Monitor. Disponible en <https://reshoring.eurofound.europa.eu/reshoring-cases/adidas>

³⁷ Ídem

El comercio internacional incrementa la competencia, abarata el precio de los productos y fomenta el uso de nuevas tecnologías al reducir su costo. El comercio puede también incentivar nuevos desarrollos; en los últimos años, un número creciente de países han firmado tratados de comercio en los que incorporan cláusulas específicas de transferencia tecnológica. Un reciente estudio publicado por el INTAL muestra que **los países que han firmado acuerdos comerciales con cláusulas de transferencia de tecnología logran un incremento de sus exportaciones con contenido tecnológico del 29%**, especialmente en el segmento de alta tecnología³⁸. También advierte que los incentivos para lograr nuevos desarrollos pueden quedar opacados si, como resultado de los acuerdos comerciales, se profundiza la tendencia a la producción de materias primas con escaso valor agregado (Chelala y otros, 2017)³⁹.

Asimismo, en “Robotlución” (Revista Integración & Comercio N° 42 del INTAL)⁴⁰, sus autores trataron de ofrecer una herramienta para estimar, a través de modelos gravitacionales de comercio bilateral, en qué segmentos productivos la incorporación de robótica (por parte de los países líderes) ha generado un mecanismo de sustitución de insumos intermedios provenientes de sus principales socios comerciales, es decir, afecta negativamente el comercio. El modelo fue aplicado sobre la cadena automotriz (por tratarse del sector que concentra la mayor cantidad de stock de capital robótico del mundo) para el período 2006-2015 en tres países (Alemania, China y Estados Unidos). La investigación concluye que el potencial mecanismo de *reshoring* no se verifica y que “la incorporación de robótica industrial no tuvo como objetivo principal la sustitución mediante producción local automatizada de insumos intermedios provenientes del exterior”. Además, confirma que la incorporación de mayor capital robótico genera mayores volúmenes de producción, que resulta complementaria a la de los países que producen bienes intermedios (autopartes), por lo que el comercio bilateral se profundiza.

Si bien los resultados de este estudio no pueden aplicarse al resto de las cadenas globales o a otros países, **los interrogantes planteados podrán ser resueltos en un futuro cercano, cuando la automatización y la robótica logren mayores niveles de penetración** en los distintos eslabones de las cadenas globales de valor.

DES-ENCADENADOS

Las cadenas globales de valor (CGV) surgieron a partir de la posibilidad de segmentar el proceso de producción en diferentes países. Muchos teléfonos inteligentes y televisores, por ejemplo, están diseñados en los Estados Unidos o Japón, tienen insumos sofisticados, como semiconductores y pro-

38 Además, la brecha tecnológica entre países que firman acuerdos de este tipo tendería a cerrarse, según las estimaciones realizadas entre 15% y 28% según la medida adoptada, pero es necesaria una masa crítica de acuerdos para que el impacto resulte significativo.
39 Chelala, S. y Martínez-Zaroso, I. (2017). ¿Sesgo anti-innovación?: el impacto tecnológico de los acuerdos comerciales. Integración y Comercio, 21 (42), p. 144-157. Disponible en: <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/8487/Revista-Integracion-y-Comercio-42.PDF>

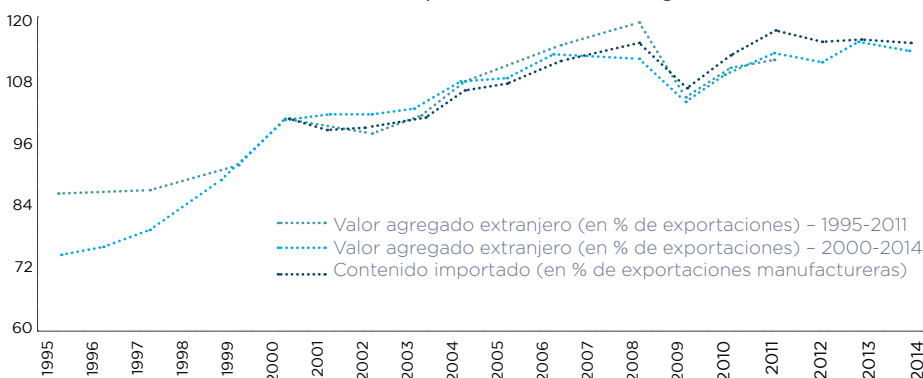
40 Pacini, B. y Sartorio, L. (2017). ¿Des-localización o re-localización?: el caso de la industria automotriz. Integración y Comercio, 21(42), p. 126-139. Disponible en: <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/8487/Revista-Integracion-y-Comercio-42.PDF>

cesadores, que se producen en Corea o Taiwán y están ensamblados en China. Luego se comercializan y reciben servicio posventa en Europa y Estados Unidos. Estos complejos esquemas de producción global han impulsado gran parte del fuerte crecimiento del comercio internacional en las últimas décadas, previas a la crisis internacional.

En años recientes, en cambio, comenzaron a surgir análisis e indicios de que las CGV podrían haber llegado a un punto de maduración, e incluso, de reversión (Ver Gráfico 3). Factores globales como el creciente proteccionismo post-crisis internacional, la convergencia de salarios en economías en desarrollo y, principalmente, la difusión de nuevas tecnologías podrían estar acortando las CGV, promoviendo procesos de *reshoring* o *backshoring* y sustitución de importaciones, y modificando las estrategias de localización en beneficio de los mercados desarrollados y las grandes economías emergentes.

Gráfico 3.

Maduración de las CGV: Medidas de la especialización vertical global, 1995-2014.



Fuente: Banco Mundial: "Trade Developments in 2016", Global Trade Watch.

Aunque incipiente y en forma aislada, algunas empresas líderes emprendieron el camino de relocalización de actividades manufactureras tradicionalmente intensivas en mano de obra hacia economías de altos ingresos, logrando una mayor cercanía a sus principales mercados de consumo. El caso de Philips, relocalizando su producción de afeitadoras eléctricas de Shanghái de vuelta a los Países Bajos es un claro ejemplo⁴¹. Un informe de Citigroup y Oxford Martin School encuentra que 70% de los clientes institucionales de Citi encuestados creen que la automatización alentará a las empresas a relocalizar sus procesos manufactureros al país de origen⁴².

Por otro lado, Kee y Tang (2015)⁴³ señalan que China ha estado aumentando el contenido nacional de sus exportaciones, al sustituir los insumos importados por nacionales. En otras palabras, China podría estar acortando la longitud internacional de su cadena de valor. Si China incursiona en ex-

41 Assembly (2012). "Automation Profiles: Robots Help Philips Shave Assembly Costs." Assembly Magazine, Junio 2012; y Bloomberg (2012). "China No Match for Dutch Plants as Philips Shavers Come Home." Bloomberg Technology. 19 de Enero.

42 Citigroup (2016). "Technology at Work v2.0: The Future Is Not What It Used to Be." Citi GPS: Global Perspectives & Solutions. Informe conjunto con Oxford Martin School.

43 Kee y Tang (2015). "Domestic Value Added in Exports: Theory and Firm

portaciones más sofisticadas mientras automatiza las exportaciones menos sofisticadas, entonces la migración esperada de trabajos de manufactura hacia regiones menos desarrolladas de Asia y África podría no ocurrir.

Las fábricas inteligentes, que utilizan sensores y tecnología de comunicación de datos para automatizar la producción y optimizar la cadena de valor, alientan un flujo similar de *reshoring*. Una reciente encuesta a mil altos ejecutivos de grandes compañías en sectores y países clave, reflejó que 76% de los fabricantes tiene una iniciativa de fábrica inteligente o están trabajando en la formulación de una; y que esperan que las fábricas inteligentes permitan que la eficiencia de las empresas manufactureras crezca hasta siete veces más rápido que el crecimiento promedio anual desde 1990 a la fecha⁴⁴.

Del mismo modo, la impresión 3D puede eliminar la necesidad de comercializar productos a través de largas distancias y acortar así las cadenas de suministro. El potencial para que la impresión 3D interrumpa los flujos comerciales es sustancial, se estima que podría reducir entre 4,6% y 14,9% del comercio mundial⁴⁵.

Sin embargo, la evidencia disponible sugiere que los informes sobre el *reshoring* y la reversión de la producción globalmente fragmentada podrían ser exagerados. Datos de encuestas en diversos países europeos⁴⁶ muestran que solo alrededor de 4% de las empresas encuestadas han trasladado sus actividades de producción de vuelta a su país en los últimos años, mucho menos que el 17% de las empresas que deslocalizó actividades en la década anterior. Además, para cada movimiento de *reshoring*, los datos reflejan más de tres movimientos de *offshoring*.

De hecho, la mayor difusión de las TIC y nuevas tecnologías como la computación en la nube, Internet de las cosas y big data, reducen aún más los costos de coordinación a nivel global, acortando las distancias geográficas. Por ejemplo, un reciente estudio encuentra que el impacto de la distancia en los flujos comerciales transfronterizos (en 61 países y 40 categorías de productos) es aproximadamente un 65% menor para las transacciones de eBay en relación con el comercio internacional total⁴⁷. Asimismo, lo que Richard Baldwin dio por llamar la tercera “fragmentación” de la globalización, mediante el uso de tecnologías de telepresencia y telerobótica, permitirá reducir costos de traslado de trabajadores y aumentar el intercambio transnacional de servicios, incluso aquellos que hoy requieren presencia física.

Por otro lado, la relocalización dejó de ser un flujo de una sola vía. La salida de IED de los mercados emergentes para la adquisición de tecnología, talento u otros conocimientos técnicos necesarios para la incorporación de

44 CapGemini (2017). “Smart Factories: How Can Manufacturers Realize the Potential of Digital Industrial Revolution?” Capgemini Digital Transformation Institute.

45 Banco Mundial (2018). “Trouble in the making? The future of manufacturing-led development”. Grupo del Banco Mundial.

46 De Backer et al. (2016). “Reshoring: Myth or Reality?” OECD Science, Technology, and Industry Policy Paper No. 27. OCDE.

47 Lendle y Olarreaga (2017). “Can Online Markets Make Trade More Inclusive?”. ADBI Working Paper No. 742, Asian Development Bank Institute (ADBI).

tecnologías de Industria 4.0 impulsa crecientes flujos de *reverse offshoring* – de países en desarrollo a países desarrollados⁴⁸. En forma similar, la creciente necesidad para empresas de economías emergentes de establecer operaciones cerca de clientes (*near-sourcing*) en mercados más sofisticados también provee impulso al *reverse offshoring*.

Finalmente, más allá de la evidencia mixta respecto del devenir de las CGV, el uso generalizado de nuevas tecnologías desafía los patrones establecidos de ventaja comparativa, reduciendo la importancia relativa de la competitividad salarial. La necesidad de ecosistemas más exigentes en términos de infraestructura, logística, recursos humanos, requisitos regulatorios, base de proveedores, etcétera, aumenta los desafíos para la mayoría de los países en desarrollo, principalmente los más pequeños, para ingresar o expandir su participación en las CGV.

- MODELOS 360, DEL PRODUCTO A LA EXPERIENCIA

EN UN CONTEXTO ALTAMENTE COMPETITIVO Y CAMBIANTE, EL CICLO DE VIDA DE LOS PRODUCTOS SE ACORTA. LAS EMPRESAS ESTABLECEN NUEVOS MODELOS DE NEGOCIO CENTRADOS EN EL CLIENTE Y OFRECEN PRODUCTOS-PLATAFORMA QUE INCORPORAN SERVICIOS, PERMITIENDO NUEVAS EXPERIENCIAS Y MAYORES FUNCIONALIDADES AL USUARIO.

La digitalización de la economía cambia las reglas de juego; las empresas tienen a cada vez más información sobre sus clientes a través de IoT, es posible el acceso repentino de nuevos competidores al mercado y se acorta el camino entre la oferta y la demanda, por ejemplo, a través de las plataformas digitales. En este contexto complejo, con altos niveles de incertidumbre y cambio continuo, **el desafío para la industria manufacturera es “capturar el valor generado a partir del uso de su producto”**; es decir, salir del producto para pasar a la plataforma (Deloitte University Press, 2015)⁴⁹.

La digitalización sorprende a los actores tradicionales de las cadenas de valor con la aparición de nuevos actores, en muchos casos, empresas jóvenes (*startups*), emprendedores o empresas con largas trayectorias, pero cuya actividad económica principal poco tiene que ver con el mercado en que están desembarcando. Los actores se mezclan, las empresas colaboran con otras en busca de complementariedades. En la búsqueda por ofrecer productos inteligentes, el fabricante debe poder ofrecer *software* integrado, aplicaciones móviles (apps), plataformas web y análisis de datos; es decir, está prácticamente obligado a establecer alianzas con otros actores, fundamentalmente del mundo de las TICs.

48 MacKinsey (2015). “Why emerging-market companies acquire abroad”; y A.T. Kearney (2016). “The rise of Emerging Markets in Mergers and Acquisitions”.

49 Hagel, J.; Seely Brown, J.; Kulasooriya, D.; Giffi, C. and Chen, M. (2015). El futuro de la manufactura: fabricando cosas en un mundo cambiante. Nueva York: Deloitte. Disponible en: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/mx/Documents/manufacturing/Futuro-Manufactura-Espanol.pdf>

Las empresas son desafiadas a **encontrar estrategias de crecimiento del negocio, de organización de la producción y de supervivencia.**

A continuación, se presentan algunos de los modelos de negocios que posibilitan las tecnologías de la Industria 4.0:

| Centrados en el Cliente

Las empresas utilizan distintas fuentes de información para anticiparse a las necesidades del cliente y ofrecen un producto justo a su medida. Se personalizan los productos (*customerización*) y se ofrecen al mismo precio que un producto fabricado en forma masiva. **Las empresas organizan su producción de forma flexible, para brindar exactamente lo que quiere el cliente.** Ya no fabrican para tener stocks de venta, sino que fabrican sobre el pedido (*on demand*). Las series de producción se acortan considerablemente. Se desarrolla la capacidad para atender el pedido especial de un cliente particular; por ejemplo, en la industria automotriz, el cliente puede elegir el color de su auto, el tipo de neumático, el diseño y la tecnología de la luminaria, la tecnología de navegación, etc. (Véase en el Capítulo “A²: automotrices automatizadas” el ejemplo de la empresa BMW para el modelo Mini Cooper). En este caso, al permitir que el cliente tome decisiones como las ejemplificadas, la industria debe poder convivir y administrar ciertos grados de incertidumbre ya que será finalmente el cliente quién determine con exactitud qué modelo específico de auto saldrá de la planta productiva.

| Productos inteligentes

Se incorporan sensores, controladores o cualquier otra tecnología que implique la digitalización del producto y permita mayores prestaciones y funcionalidades. La IoT es clave en este modelo de negocios: lavarropas con *Wi-Fi*, autos con navegadores, casas inteligentes, sistemas de ventilación controlados por una aplicación de celular, dispositivos médicos como marcapasos que se controlan en forma remota, etc. Generalmente se trabaja sobre productos existentes a los que se busca **agregar valor, incorporando servicios, pasando del producto a la plataforma.** Por ejemplo, las empresas que producen neumáticos ofrecen a las empresas de transporte vial el servicio de monitoreo de la flota mediante plataformas web. Las empresas proveedoras de tubos para la extracción de petróleo y gas, buscan ofrecer tubos inteligentes y plataformas digitales que le permitan al cliente extraer información sobre el estado y la tipología del pozo (Ver Pág. 79 “Caso para la industria de producción de gas y petróleo - Empresa Tenaris”).

| Tiendas online

Cada vez más, las empresas ofrecen a sus clientes la posibilidad de efectuar las compras a través de una plataforma online. Esto les permite **expandir su mercado sin costos adicionales ni intermediarios.** Además, permite ahorrar

gastos relacionados con los locales comerciales (alquileres, personal de atención al público, servicios públicos, etc.) y obtener información estratégica, como por ejemplo qué productos son los que despiertan mayor interés.

| Más cerca de los centros de consumo

Se busca acortar la distancia entre el fabricante y el consumidor; se reduce la intermediación, bajan los costos logísticos y **se logra una mayor satisfacción del cliente dando una “respuesta inmediata” a su requerimiento** (*real time response*). En las cadenas globales de valor, esto puede derivar en la relocalización de la producción (*reshoring*) para acercar las fábricas a los centros de consumo. Pero, además, la tendencia es ir hacia modelos de producción que reduzcan intermediarios, por lo que cada vez hay menos espacio para aquellos que crean valor por acumulación de inventarios/stocks.

| Orientados al acceso

Se resta peso a la “propiedad” del producto y se busca explotar el “acceso” al mismo. En la economía colaborativa esto se ve claramente: propietarios de viviendas que las ofrecen en alquiler cuando no las ocupan, conductores que ofrecen compartir viajes largos o personas que alquilan sus vehículos. En la industria, por ejemplo, la división de General Electric dedicada a la fabricación de motores de aviones, cuya vida útil ronda los 30 años, ha cambiado su modelo de negocio y ya no vende motores, sino que vende las horas de uso de esos motores. Esto le permite al fabricante estar cerca de su producto y de su cliente, para **mejorar continuamente sus prestaciones y funcionalidades, además de tener un flujo de ingresos por toda la vida útil del producto**⁵⁰.

| Plataformas de Innovación Abierta

Compartir estándares de fabricación, interfaces y modelos de gestión con otras empresas (incluso competidoras en el mismo sector) puede permitir una **mayor velocidad para la innovación por la reducción de costos y riesgos asociados a los procesos de I+D+i**. Como existen economías de plataforma, cuanto mayor sea el número de participantes, mejor será la funcionalidad de la plataforma. Nova Paint Club es un ejemplo de este tipo de entornos para la industria de fabricación de pinturas (se aborda en mayor detalle este ejemplo en el caso de estudio de la empresa Sinteplast. Ver la sección “Casos de Estudio” de este documento).

Asimismo la digitalización abre paso al surgimiento de nuevos jugadores en la industria. A través de Internet, resulta cada vez más sencillo adquirir nuevas habilidades por más complejas que parezcan; desde tutoriales online hasta patentes de productos, o redes de profesionales en cualquier campo. Es decir, **las barreras tradicionales de entrada a los negocios se desmoronaron, al tiempo que se abre el paso a nuevos actores, generalmente, del mundo de las TICs**. Son perso-

⁵⁰ Hagel, J.; Seely Brown, J.; Kulasooriya, D.; Giffi, C. and Chen, M. (2015). El futuro de la manufactura: fabricando cosas en un mundo cambiante. Nueva York: Deloitte. Disponible en: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/mx/Documents/manufacturing/Futuro-Manufactura-Espanol.pdf>

nas o empresas que tradicionalmente no estaban vinculadas con la producción industrial y que, en forma creciente, tienen acceso a información muy valiosa sobre la empresa industrial, sus productos/servicios, e incluso, sobre el proceso productivo. Estos actores brindan servicios especializados para la integración del mundo físico con el mundo digital, ofrecen plataformas digitales en la nube y *software* que permiten a las empresas hacer uso de tecnologías de simulación y modelado, de comercio electrónico, de sistemas integrados de gestión, entre otros.

La convergencia de tecnologías reduce en algunos casos la importancia que antes tenían las economías de escala, permitiendo ahora la descentralización de algunas líneas de la producción y el surgimiento de la “manufactura distribuida”. Esto es posible gracias a la democratización en el acceso a herramientas fundamentales para la producción manufacturera, que ahora pueden conseguirse con una baja inversión. Tecnologías como impresoras 3D e impresoras de circuitos, y sistemas de control numérico computarizados (CNC), se han vuelto más pequeñas y más económicas en su operación. Estas y otras tecnologías suelen encontrarse en espacios compartidos por varias empresas y en laboratorios de innovación, incubadoras o en espacios de *co-working*. **Surgen así, en el corazón mismo de las ciudades, nuevas oportunidades para las PyMEs** que, con pequeñas infraestructuras dispersas en el espacio urbano, en lugar de estar concentradas en polígonos industriales, pueden producir de forma “inteligente” y formar parte de redes de manufactura desconcentradas. Diseñadores particulares y pequeñas empresas ahora tienen la habilidad de producir bienes de alta calidad localmente, a bajo costo. Por ejemplo, la plataforma OpenDesk, que impulsa la manufactura distribuida, logra conectar a talleres locales de maquinarias, diseñadores y usuarios en el mundo de fabricación de muebles: “OpenDesk está cambiando la forma en que se producen y mueven los muebles, reduciendo los costos de envío, las salas de exposición y el almacenamiento.”⁵¹

En el mundo de la economía colaborativa, el surgimiento de plataformas digitales permite que las actividades de los particulares ganen escala de forma tal que, en algunos casos, logran competir con empresas líderes. En el sector turístico son varias las plataformas que van logrando escala, por ejemplo, Airbnb, una plataforma digital que conecta oferta y demanda de alojamientos entre particulares y empresas del sector. Para dimensionar su tamaño, vale señalar que, durante el año 2017, 100 millones de personas encontraron alojamiento a través de esta plataforma. En particular, la noche del 31 de diciembre de 2016, se realizaron dos millones de reservas por este medio, cuando la cadena de hoteles más grande del mundo (Marriott-Starwood) cuenta con 1,1 millón de habitaciones⁵². Por el momento, la economía colaborativa ha sido adoptada fundamentalmente en el sector de los servicios, pero algunas de sus principales características nos llevan a suponer que, en muy poco tiempo podría impactar también sobre las decisiones de orga-

51 Opendesk. Disponible en: <https://www.opendesk.cc/>

52 Sundararajan, A. (2017). Capitalismo colaborativo. Integración y Comercio, 21(42), p. 58-68. Disponible en: <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/8487/Revista-Integracion-y-Comercio-42.PDF>

nización de la industria. Por ejemplo, la creciente valorización del “acceso sobre la posesión” y la “confianza entre usuarios”, permiten eliminar intermediarios y aprovechar recursos ociosos. **En la industria, esto podría llevar al alquiler o trueque de equipos y rodados con capacidad ociosa, a la democratización de las compras mediante sistemas de evaluación/reputación de proveedores y prestadores de servicios industriales, o a la conformación de redes de financiamiento** entre empresas, reduciendo los costos financieros del crédito tradicional.

La creatividad y la oportunidad de negocios permiten encontrar “unicornios”, es decir **desarrollos empresariales únicos, que se traducen en empresas tecnológicas con una valuación bursátil superior a los 1.000 millones de dólares**. Actualmente, hay nueve unicornios en América Latina, y cuatro de ellos son empresas argentinas: Mercado Libre, Despegar, OLX y Globant. Las tres primeras son plataformas digitales de comercio electrónico, de viajes y turismo, de clasificados, respectivamente, mientras que la última se dedica al desarrollo de *software* y servicios de IT. La participación de estas empresas en el mercado local es tan importante que, en los próximos años, se estima que liderarán la generación de empleo del país junto a las pymes industriales. Por ejemplo, Mercado Libre, con presencia en 19 países, emplea a más de 5.580 personas, y cuenta con una valuación bursátil de 15.423 millones de dólares, superando a la petrolera YPF cuya valuación ronda los 8.363 millones de dólares⁵³.

También hay oportunidades para aficionados, usuarios apasionados, muchas veces autodidactas en tecnologías específicas, como por ejemplo pilotos y programadores de drones que, sobre el conocimiento adquirido en el uso de la tecnología, incorporan otros saberes y avances tecnológicos, y muchas veces se asocian con terceros para atender demandas específicas del mercado. Surgen así **emprendedores y startups que, basados en tecnologías 4.0, se nutren del ecosistema de innovación local para acelerar sus proyectos, ganar escala y lograr su posicionamiento en el mercado**. Son varias las empresas jóvenes que ofrecen productos y servicios basados en drones, destinados a mejorar procesos de la industria y garantizar soluciones generalmente relacionadas con temas de seguridad, inspecciones y mantenimiento de la planta productiva, de las playas de maniobra, zonas de difícil acceso, o para evitar tareas riesgosas para el hombre. **En la Argentina, los drones lograron una enorme aceptación en el mundo del agro, fundamentalmente aplicados al seguimiento de los cultivos**. Empresas jóvenes que, mediante plataformas digitales, articulan conocimientos del agro, de la informática, de la sensórica, del análisis datos y de imágenes satelitales, que ofrecen servicios para determinar el rendimiento del cultivo, la presencia de plagas o la necesidad de aplicar fertilizantes.

⁵³ Fuente: Bloomberg. Datos al 06 de abril de 2018.

· EMPLEO DEL FUTURO: LA GEOPOLÍTICA DE LOS ROBOTS

¿SE CREARÁN MÁS PUESTOS DE TRABAJO DE LOS QUE SE DESTRUIRÁN? ¿SE ELIMINARÁN OFICIOS Y PROFESIONES “TRADICIONALES”? ¿SURGIRÁN NUEVAS OCUPACIONES?

Las tecnologías pueden desempeñar tareas cognitivas que antes sólo podían realizar los humanos; los robots y sistemas inteligentes pueden ahora responder preguntas, interpretar voces, conducir vehículos, atender clientes telefónicamente o a través de sistemas de chat (*chatbot*), realizar diagnósticos médicos, armar los pedidos para despachar a los clientes, asesorar en temas financieros y jurídicos, recibir huéspedes en los hoteles. **La expansión de las capacidades cognitivas a las máquinas implica que no sólo el trabajo repetitivo y poco calificado corre riesgo de ser remplazado.** Esto ha profundizado el interés y el debate sobre los posibles impactos de las nuevas tecnologías en el mundo del trabajo.

La automatización de la producción y de los procesos de toma de decisiones son características salientes de la Cuarta Revolución Industrial. Aunque en algunos sectores, como en la industria automotriz, la utilización de robots lleva más de cincuenta años de aplicación, en esta nueva fase de la robotización, la fusión de tecnologías como big data, inteligencia artificial, sensores y controladores inteligentes, y el aprendizaje de máquinas, permiten desarrollar **una nueva generación de robots que está capacitada para realizar todo tipo de tareas, desde las repetitivas hasta las creativas, mostrando incluso cierta capacidad de aprendizaje.** La tendencia mundial es avanzar en el desarrollo de robots colaborativos que faciliten la interacción entre el hombre y la máquina de forma segura.

ROBOTS, NO SÓLO CON PIES Y MANOS

¿Qué es un robot? ¿Cualquier sistema autónomo es un robot? ¿Es necesario que tenga entidad física y brazos mecánicos?

La Real Academia Española (RAE), define robot de dos formas: i) “Máquina o ingenio electrónico programable, capaz de manipular objetos y realizar operaciones antes reservadas solo a las personas”; ii) “Programa que explora automáticamente la red para encontrar información”. Es decir, para la RAE, la presencia de una entidad física no es determinante para definir a un robot.

En cambio, la Federación Internacional Robótica (IFR, por sus siglas en inglés) organiza sus estadísticas en base a la definición de robot de la Organización Internacional de Normalización (ISO, por sus siglas en inglés) que reconoce -a través de su norma ISO 8373- la existencia dos tipos; el robot

industrial y el robot de servicios⁵⁴. El robot industrial se define como un “manipulador multiusos controlado automáticamente, reprogramable, programable en tres o más ejes, que puede ser fijo en su lugar o móvil para su uso en aplicaciones de automatización industrial.” (Fuente: ISO 8373). Es decir, el robot industrial puede no tener brazos, pero sí tiene una estructura física que le permite desplazarse en tres dimensiones; por lo tanto, es un objeto tangible. De acuerdo con su estructura mecánica, se clasifican en cinco tipos: robots articulados, robots cilíndricos, robots lineales (incluidos cartesianos y de pórtico), robots paralelos y robots SCARA.⁵⁵

El robot de servicios se define como un “robot que realiza tareas útiles para humanos o equipos que excluyen las aplicaciones de automatización industrial” (Fuente: ISO 8373). Según esta norma, los robots requieren “un grado de autonomía”, que es la capacidad de realizar las tareas previamente definidas sin intervención humana. Para los robots de servicio esto abarca desde la autonomía parcial, que requiere de cierta interacción con humanos, hasta la autonomía total. Los robots de servicio se clasifican según el uso personal o profesional. Tienen muchas formas y estructuras, así como áreas de aplicación. Las estadísticas de la IFR incluyen sistemas autónomos (con autonomía parcial o total)⁵⁶.

¿Es la robotización una tendencia global? ¿Alcanza a todos los países por igual? ¿Es una opción viable para todos los sectores de la industria? A nivel mundial, **la dotación de robots industriales se concentra en pocos países y en empresas de tamaño grande**, mientras que para las medianas y pequeñas la robótica permanece prácticamente inalcanzable. Entre las barreras para su incorporación masiva se destaca el elevado costo de inversión que exige, la cultura organizacional de la empresa (temor a incorporar cambios radicales) y la falta de recursos humanos con capacidad para gestionar esta tecnología adecuadamente. Sin embargo, las empresas que invierten en robótica reconocen que, en promedio, logran recuperar la inversión en un lapso promedio de dos años (Fuente: PWC, 2016)⁵⁷.

Según datos de la Federación Internacional Robótica (IFR, por sus siglas en inglés), en 2016 el stock mundial de robots industriales rondaba 1,3 millón de unidades y el 74% de su producción se concentraba en cinco países: China, Corea del Sur, Japón, Estados Unidos y Alemania (Gráfico 4).

54 Los estándares relativos a los robots son preparados por el Comité Técnico 299 de ISO con el título “Robótica”. La estandarización de seguridad es un tema muy importante, por lo que el ISO / TC 299 ha desarrollado estándares de seguridad para el sector de robótica industrial (ISO 10218-1, ISO 10218-2, ISO / TS 15066) así como también para el sector de los servicios (ISO 13482). Otros temas para las actividades de estandarización de robots en ISO / TC 299 incluyen: criterios de rendimiento, modularidad y vocabulario.

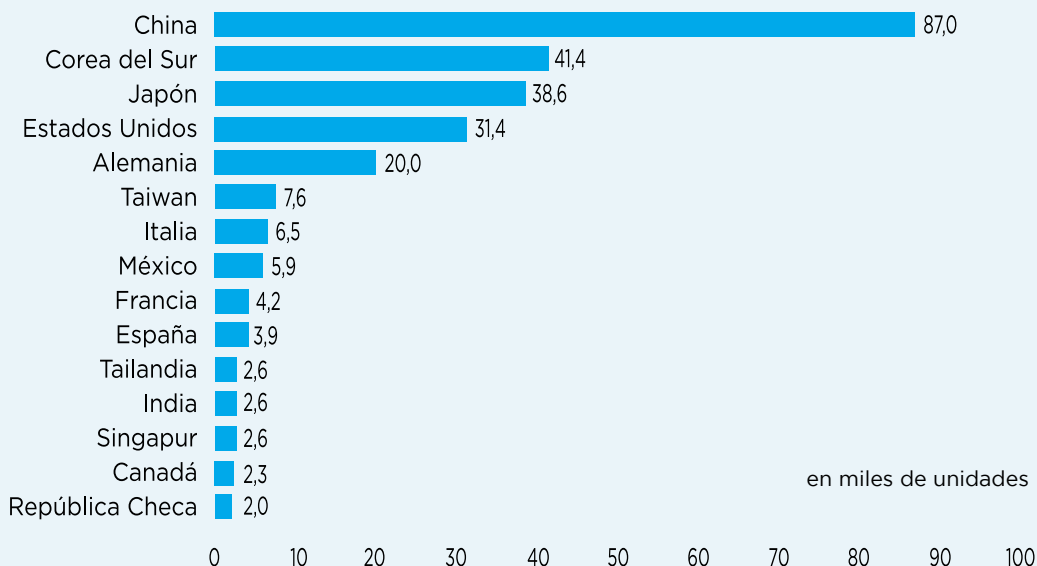
55 Industrial robots: definition and classification. Chapter 1.2 (2016). Frankfurt: International Federation of Robotics. Disponible en: https://ifr.org/img/office/Industrial_Robots_2016_Chapter_1_2.pdf

56 Industrial robots: definition and classification. Chapter 1.2 (2016). Frankfurt: International Federation of Robotics.

57 PWC realiza anualmente una encuesta global que releva el nivel de penetración de tecnologías de la industria 4.0 en la que participan más de 2.000 empresas pertenecientes a 9 sectores industriales importantes y 26 países.

Gráfico 4.

Oferta de robots industriales en 2016. Principales 15 mercados productores.

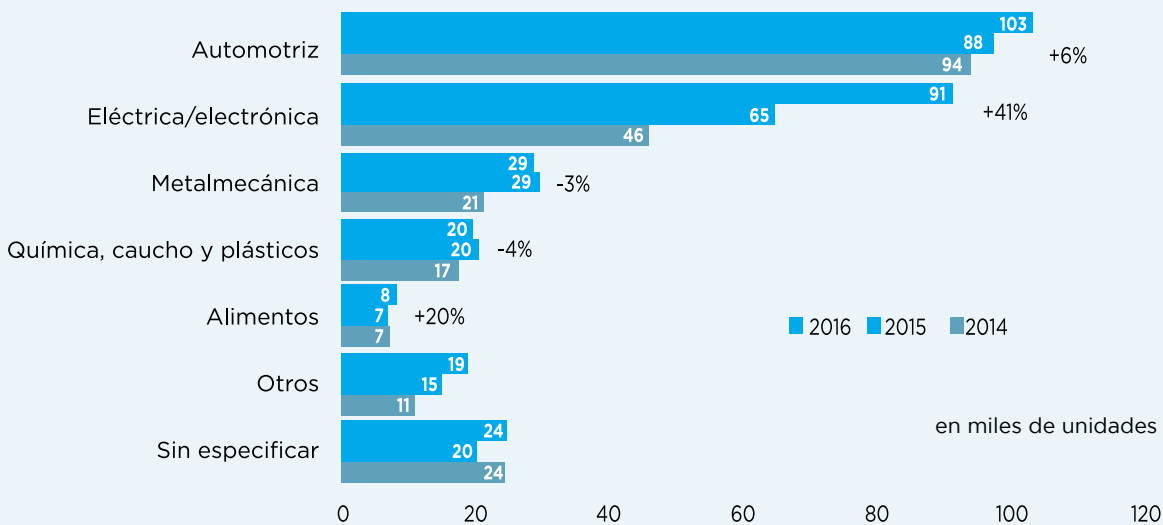


Fuente: IFR World Robotics 2017

La producción de robots industriales es traccionada principalmente por el sector automotriz y por la industria eléctrica y electrónica. Luego, siguen en importancia, la industria metalmecánica, la industria química y de plásticos. Entre 2014 y 2016 se destaca un marcado impulso en la producción de robots para la industria eléctrica y electrónica liderado por Corea del Sur, que logró tasas superiores al 41% en dos años (Gráfico 5).

Gráfico 5.

Stock mundial de robots industriales por sector de aplicación.



Fuente: IFR World Robotics 2017

El 75% del stock de capital robótico industrial se concentra en cinco países, que son los mismos que los fabrican: China, Corea del Sur, Japón, Estados Unidos y Alemania. Hacia el año 2020, según estimaciones de IFR, 1,7 millón de nuevos robots industriales serán incorporados al mercado en el mundo, lo que implicará una tasa anual de crecimiento promedio de 14% entre 2018 y 2020. Se espera que hacia el final de este período el stock mundial de robots industriales alcance los 3,05 millones de unidades. China se consolidará como líder mundial, concentrando el 40% de la oferta global y el 31% del capital robótico en operación (950.000 unidades).

Entre los fabricantes líderes se destacan: ABB Limited y Stäubli (Suiza); Epson Robots, Fanuc Corporation, Yaskawa Electric Corporation, Kawasaki Heavy Industries, Nachi Fujikoshi Corporation (Japón); Adept Technology Inc (Estados Unidos), y Comau Robotics (Italia). Algunas de estas empresas tienen plantas de producción de robots en varios países, por ejemplo, ABB produce robots en China, Suecia, República Checa, Noruega, México, Japón y Estados Unidos.

IFR alerta que la automatización de la producción industrial se está acelerando en todo el mundo. Según el indicador de densidad robótica, que mide la cantidad de unidades de robots industriales cada 10.000 trabajadores en el sector manufacturero, en el período 2010-2016 la demanda de robots para la industria creció a una tasa promedio del 12% anual. En el año 2016, el promedio mundial de robots industriales fue de 74 unidades cada 10.000 empleados, contra un promedio de 66 unidades en el año 2015.

La densidad promedio de robots utilizados en la industria por regiones muestra a Europa en la punta, con 99 unidades cada 10.000 empleados, seguida por América con 84 (básicamente, Estados Unidos y Canadá) y Asia con 63⁵⁸. **Al analizar la penetración de robots industriales por países, se destaca Corea del Sur** -que lidera el ranking mundial con 631 unidades- y Singapur, que ocupa el segundo lugar con 488. Luego, siguen Alemania y Japón, con 309 y 303 respectivamente. En cambio, entre los países de América Latina, la densidad de robots industriales cada 10.000 trabajadores es menor al promedio mundial: México tiene 30 unidades, Argentina cuenta con 18 y Brasil con 10.

En un extremo del debate sobre el futuro del mercado laboral están los pesimistas, que anticipan que la transformación digital llevará necesariamente a la destrucción de empleo en sintonía con la teoría del economista Jeremy Rifkin, quien predicaba a mediados de los años 90 “el fin del trabajo humano” y el aumento del desempleo estructural de la economía posmoderna⁵⁹. **En el otro extremo, están los entusiastas, que argumentan que se crearán más empleos,**

58 World Robotics 2017: industrial robots: executive summary. Frankfurt: International Federation of Robotics. Disponible en: https://ifr.org/downloads/press/Executive_Summary_WR_2017_Industrial_Robots.pdf

59 Nociones planteadas en el ensayo sobre economía y trabajo que plantea la inevitable reducción de la jornada laboral -como mecanismo para el reparto del trabajo- ante el constante aumento de la productividad en las sociedades modernas desarrolladas. Fueron publicadas en el libro “The end of work. The decline of the global labor force and the dawn of the post-market era”, 1995. Traducido y publicado en español como “El fin del Trabajo. Nuevas Tecnologías contra puestos de trabajo. El nacimiento de una nueva era”, 1997, Editorial Paidós. Otros autores que podrían integrar las visiones pesimistas son Brynjolfsson y McAfee (2014) y Ford (2015).

que se eliminarán los trabajos riesgosos y repetitivos (esos que nadie quiere hacer) y en cambio, las personas estarán abocadas al trabajo creativo y calificado, a tareas que las máquinas no podrán ejecutar jamás. Es decir, las máquinas inteligentes podrán complementar y multiplicar las habilidades humanas, a la vez que se crearán nuevos empleos.

El impulso de esta nueva revolución está dado por sectores intensivos en tecnologías que aparentemente sólo brindan oportunidades para los trabajadores más calificados, a diferencia de lo que sucedía en etapas anteriores, cuando cualquier persona capaz de brindar su fuerza de trabajo podía ser incorporada a una fábrica (Carl Frey, 2017)⁶⁰. Sin embargo, **el crecimiento económico impulsado por la productividad de los sectores más dinámicos (informática, biotecnología, nanotecnología, energías renovables, entre otros), podría generar aumento de la demanda agregada de la economía y, por lo tanto, crear nuevos puestos de trabajo** en sectores menos intensivos en tecnología y especialmente en los servicios, brindando oportunidades a los trabajadores menos calificados (Moretti, 2010)⁶¹. Hay estudios que muestran, incluso, que en economías en desarrollo los esfuerzos por pasar hacia modelos de producción con mayor grado de calificación dinamizan la demanda interna, lo que permite crear nuevos empleos en el sector no transable, es decir, en aquellos que producen bienes de consumo para el mercado interno y los servicios (Frey, Berger y Chen, 2016)⁶².

El G20⁶³ destaca la velocidad con que se están produciendo los nuevos desarrollos tecnológicos, y alerta que esto lleva a una disminución continua en el precio de los bienes de capital y a un encarecimiento relativo de la mano de obra, lo que alienta la sustitución laboral en algunos mercados⁶⁴. Lo cierto es que **la automatización está avanzando en todos los sectores de la economía**. Para la OIT, algunos países asiáticos como Bangladesh podrían perder más del 80% de sus trabajos de confección, textiles y prendas de vestir a medida que se extienda la automatización. En el Foro Económico Mundial de Davos 2016, se presentó un estudio que estima una destrucción de más de siete millones de empleos en las 17 principales economías hasta 2020, y una creación de sólo dos millones nuevos⁶⁵.

Otro estudio, realizado en 2013 por Frey y Osborne de la Universidad de Oxford, que se ha convertido en una referencia de la literatura pesimista sobre cambio tecnológico y empleo, analiza la situación de 700 profesiones y concluye que en 20 años el 47% del empleo total de Estados Unidos correría el riesgo de ser automatizado⁶⁶. Sobre la misma metodología, un estudio realizado por

60 Frey, C. (2017). ¿Trabajadores versus robots? Cómo ganar el duelo más importante del siglo XXI. Integración y Comercio, 21(42), p. 26-34. Disponible en: <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/8487/Revista-Integracion-y-Comercio-42.PDF>

61 Moretti, E. (2010). Local multipliers. American Economic Review, 100(2), p. 373-377. Este estudio muestra que cada nuevo trabajo en el sector intensivos en tecnología permite crear 4,9 puestos de trabajo adicionales en el sector de servicios a nivel interno de esa economía.

62 Berger, T. y Frey, C. (2017). Industrial renewal in the 21st century: evidence from US cities". Regional studies, 51(3), p. 404-413.

63 https://www.g20.org/sites/default/files/documentos_producidos/future_of_work_trends_impacts_and_the_case_for_g20_action_g20_presidency_and_co-chairs_of_the_fwg_0.pdf.

64 The future of work: trends, impacts and the case for G20 action. (2018).

65 The future of jobs: employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution. (2016). Geneva: WEF. Disponible en: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf

66 Frey, C. y Osborne, M. (2013). The future of employment. Oxford: Oxford University. Disponible en: <https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/future-of-employment.pdf>

el Centro de Investigaciones Económicas (CINVE) de Uruguay⁶⁷, analizó el desempleo tecnológico en los mercados laborales de la Argentina y Uruguay. Los resultados fueron igualmente desalentadores: **dos tercios de las ocupaciones actualmente desarrolladas en la Argentina y Uruguay corren riesgos de ser reemplazadas por el avance tecnológico**. Este fenómeno se observó en forma generalizada en todas las ramas de actividad, por lo que la probabilidad de sustitución es mayor al 50% en todas las ramas. Además, alerta que **los jóvenes se están insertando en ocupaciones que corren mayor riesgo de sustitución**. Un estudio realizado por el INTAL en base a los datos de la encuesta Latinobarómetro 2017, muestra que **4 de cada 5 latinoamericanos perciben al avance científico tecnológico como una amenaza para el empleo**. En particular, el 71% considera que la Inteligencia Artificial y la robótica dejarán un saldo negativo en materia de creación de puestos de trabajo y sólo el 24% considera que estas tecnologías permitirán crear más empleo del que destruirán (INTAL-BID, 2017)⁶⁸.

Sin embargo, al analizar casos particulares de empresas que automatizaron sus procesos, se observa un efecto de “desplazamiento” de los trabajadores hacia otras tareas, incluso una nueva división de tareas; es decir una suerte de colaboración entre el trabajador y la máquina, y no una “sustitución” total del empleo. Incluso, desde el punto de vista agregado, al analizar la tasa de empleo de los países que concentran el mayor capital robótico del mundo vemos que el aumento de la productividad genera también nuevas oportunidades laborales en productos y servicios complementarios a aquellos que se han automatizado (Arntz y otros, 2016)⁶⁹. Esto llevó a revisar la metodología de Oxford, cuya mayor debilidad es suponer que automatización sustituye ocupaciones o profesiones enteras, cuando en realidad sustituye tareas específicas y concretas asociadas a una ocupación o a una profesión particular. En consecuencia, los últimos estudios centrados en tareas arrojan resultados mucho más optimistas; por ejemplo, en el caso de Estados Unidos, solo un 9% de las ocupaciones correrían riesgo de automatización completa (OECD, 2016)⁷⁰. En el mismo sentido, la percepción social sobre el avance de la robótica también muestra sus límites cuándo se consulta sobre tareas específicas como el cuidado de las personas; el 85% de los latinoamericanos considera que, en el futuro, el cuidado de los adultos mayores y niños seguirán siendo nichos para el trabajo humano a pesar del desarrollo tecnológico (INTAL- BID, 2017)⁷¹.

¿Qué ocurre con el trabajo hacia el interior de la empresa? ¿Pueden las organizaciones y sus trabajadores abrazar el cambio en la gestión que exigen las nuevas tecnologías? ¿Qué tipo de habilidades requiere desarrollar?

67 Aboal, D. y Zunino, G. (2017). Innovación y habilidades en América Latina. Integración y Comercio, 21(42), p. 42-57. Disponible en: <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/8487/Revista-Integracion-y-Comercio-42.PDF>

68 Basco, A. (2017). La tecno-integración de América Latina: instituciones, comercio exponencial y equidad en la era de los algoritmos. Buenos Aires: INTAL BID. Disponible en: <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/8657/La-tecno-integración-de-América-Latina.PDF>

69 Arntz, M.; Gregory, T. y Zierahn, U. (2016). The risk of automation for jobs in OECD countries: a comparative analysis. Paris: OECD.

70 Ibid.

71 Basco, A. (2017). La tecno-integración de América Latina: instituciones, comercio exponencial y equidad en la era de los algoritmos. Buenos Aires: INTAL BID. Disponible en: <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/8657/La-tecno-integración-de-América-Latina.PDF>

Según la encuesta realizada por BCG⁷² entre compañías industriales de la Argentina, **el 22% de los ejecutivos afirma que su empresa no está preparada aún para iniciar el camino hacia la transformación digital**. En particular, el 70% identifica a la falta de personal capacitado como la principal limitante para emprender este proceso y el 64% reconoce también una fuerte resistencia al cambio y a la innovación como otra de las limitaciones para la incorporación de estas tecnologías.

La incorporación de nuevas tecnologías a la organización productiva supone, al mismo tiempo, un cambio en la demanda de perfiles laborales. Pero ¿qué tipo de capacidades requieren las empresas?

Un documento elaborado por el Task Force sobre Economía Digital (DETF, por sus siglas en inglés) del G20⁷³, aborda la demanda de nuevas habilidades cognitivas (habilidades aprendidas a través de la educación como la lectoescritura y la aritmética), las no cognitivas (más relacionadas con las actitudes de las personas) y las sociales, mediante la distribución de los trabajadores con estas dotaciones y el análisis de los salarios que las distintas industrias pagan, según su intensidad tecnológica⁷⁴. Se basa en la Encuesta de Habilidades de Adultos de la OCDE⁷⁵ que evalúa tres habilidades en entornos ricos en tecnología (alfabetización, aritmética, resolución de problemas), y en otros seis indicadores relacionados con las habilidades cognitivas, no cognitivas y sociales propuestos por Grundke et al. (2017); habilidades relacionadas con TICs; STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática); marketing y contabilidad; gestión y comunicación; auto organización y predisposición para aprender. Por un lado, el estudio confirma que los trabajadores en sectores industriales intensivos en tecnologías digitales exhiben, en promedio, una mayor dotación de todos los tipos de habilidades (cognitivas, no cognitivas y sociales) en relación con aquellos que trabajan en sectores menos intensivos en tecnologías. Las diferencias son especialmente pronunciadas en el caso de las habilidades en TICs, marketing y contabilidad. Por otro lado, muestra que, para algunas habilidades, los rendimientos del mercado laboral, es decir los pagos que recibe el trabajador, son más altos en los sectores de la industria intensivos en tecnologías digitales. En particular, **las habilidades de las TICs, la aritmética y las habilidades cuantitativas STEM, así como la auto organización y las habilidades de gestión y comunicación parecen ser especialmente importantes en los sectores más digitalizados**. Esto puede de-

72 Nieponice, G.; Rivera, R.; Tfelti, A. y Drewanz, J. (2018). Acelerando el desarrollo de la industria 4.0. en Argentina. Boston Consulting Group.

73 Towards the implementation of the G20 roadmap for digitalization: skills, business dynamics and competition. (2018). Paris: OECD.

74 Las industrias digitales se definen utilizando una nueva medida de penetración digital desarrollada por la OCDE. La taxonomía incluye el componente tecnológico de la digitalización (representado por la intensidad de un sector en la inversión en TIC, las compras de bienes y servicios de TIC los bienes intermedios y la utilización de robots); sus requisitos de capital humano (es decir, especialistas en TIC); y una de las nuevas formas que caracterizan el acceso al mercado en la era digital, es decir, el comercio electrónico.

75 Esta encuesta es realizada en el contexto del Programa para la Evaluación de Competencias de Adultos (PIAAC) que abarca 31 países de la OCDE y economías asociadas, incluidos once países del G20. Es representativo de la población de entre 16 y 65 años y proporciona una gran cantidad de información sobre los trabajadores (por ejemplo, educación, edad y género), sus habilidades cognitivas, las tareas que desempeñan en el trabajo y su lugar de trabajo, entre otros. Los datos corresponden a la primera recopilación de datos PIAAC completada en 2011-12 y que abarca 22 países de la OCDE y la Federación Rusa (OCDE, 2013) y la segunda recolección finalizada en 2014- 2015 en 6 países de la OCDE, más Singapur y Lituania (OCDE, 2016).

berse al hecho de que los trabajadores en industrias intensivas en tecnologías deben operar de manera más independiente y descentralizada (por ejemplo, a través del teletrabajo); realizar tareas no rutinarias o lidiar con entornos continuamente cambiantes para los cuales, las habilidades técnicas junto con la comunicación y las habilidades de organización son cada vez más importantes. En consecuencia, **el mayor retorno que logran los trabajadores de sectores intensivos en tecnologías sugiere que las habilidades de los trabajadores y las tecnologías digitales son complementarias en el proceso de producción;** las habilidades cognitivas, no cognitivas y sociales identificadas son elementos primordiales para que se desplieguen nuevas tecnologías en el lugar de trabajo. El informe concluye que, en el proceso de transformación de las empresas hacia la Industria 4.0 es importante invertir en las habilidades necesarias para hacer frente a las oportunidades y desafíos de la digitalización.

El sentido común indica que, en la medida en que las industrias busquen transformar sus productos en “productos inteligentes” o busquen incorporar servicios en la producción, veremos cada vez más ingenieros de telecomunicaciones e informáticos entre los empleados y directivos de todas las industrias existentes. Es decir, la introducción de las tecnologías de la industria 4.0 desplaza la demanda laboral hacia personas con mayores habilidades en el campo del desarrollo de código, la informática, la electrónica y el análisis de datos, entre otros. La encuesta de BCG⁷⁶ muestra que los ejecutivos de las industrias locales priorizan personas con capacidad en programación (robótica, de máquinas y automatización), analítica y ciencia de datos.

Con miras a 2020, la habilidad más valorada será la capacidad para “resolver problemas complejos”. En un mundo cada vez más automatizado, donde las máquinas realizarán tareas que hasta hace poco tiempo sólo podían ser desempeñadas por las personas, el “pensamiento crítico” se convierte en un valor muypreciado. Lo mismo ocurre con la “creatividad”, que se encontraba en el puesto diez en 2015 y hacia el 2020 será la tercera habilidad más valorada. Contrariamente, la “negociación y la flexibilidad”, que ocupaban un lugar destacado en 2015, se encuentran en claro descenso por el avance del análisis de grandes datos y la inteligencia artificial. Lo mismo ocurre con la “escucha activa”, que desaparece de las diez principales habilidades demandadas, mientras que la “inteligencia emocional” emerge como una habilidad crucial. Obviamente, dependiendo del tipo de industria, algunas habilidades pesarán más que otras. Incluso hay sectores como el de la música o audiovisuales que ya han experimentado fuertes cambios y, por lo tanto, no serán propensos a transformaciones tan radicales en los próximos años. Otros sectores, como la venta minorista o el sector financiero, donde la penetración de las nuevas tecnologías viene un poco retrasada en relación con el promedio, podrían sufrir estas transformaciones con fuerte intensidad.

76 Nieponice, G.; Rivera, R.; Tfeli, A. y Drewanz, J. (2018). Acelerando el desarrollo de la industria 4.0. en Argentina. Boston Consulting Group.

ENTRE EL POST-EMPLEO Y EL PRE-TRABAJO

¿Se acorta la jornada laboral? ¿Se termina el trabajo asalariado? ¿Sere-
mos todos trabajadores autónomos? ¿Emprendedores? ¿Podremos inter-
cambiar bienes y servicios de forma colaborativa?

En la era de la transformación digital surgen formas de trabajo que im-
plican nuevos modos de organización laboral que rompen con el “prototipo
clásico” basado en relaciones estables y duraderas, como el trabajo asala-
riado, seguro y de calidad (Molina Navarrete, 2015)⁷⁷. Ahora las empresas
pueden descomponer el trabajo en tareas o proyectos y contratar trabaja-
dores para actividades específicas y con contratos de muy corto plazo. En
particular, la automatización aplicada a la gestión de recursos humanos y de
la administración permite reducir los tiempos y costos asociados a la con-
tratación de las personas, facilitando la tercerización de las tareas (Katz y
Krueger, 2016)⁷⁸. La subcontratación, reduce el poder de negociación de los
trabajadores, llevando a una menor participación de los salarios en la renta
de las economías nacionales y menos oportunidades de aprendizaje de las
personas basado en la exposición a compañeros de trabajo con habilidades
más altas (Godschmidt y Schmieder, 2017)⁷⁹. Además, en la era de la digita-
lización, las empresas también pueden buscar soluciones a sus problemas a
través del crowdsourcing (colaboración abierta distribuida o externalización
abierta de tareas), lo que implica desligar al empleado de una tarea especí-
fica, en este caso, resolver determinado problema y abrir el tema a la comu-
nidad digital; se invita al ecosistema a colaborar con la solución.

Así, los nuevos modelos de negocios adoptados por las empresas, la eco-
nomía colaborativa y el trabajo autónomo en modalidad de prestación de
servicios, son algunos de los drivers de estos grandes cambios en el mercado
laboral. Particulares que alquilan sus casas o habitaciones a través de Air-
bnb, choferes de Uber que ofrecen su tiempo y sus vehículos para generar un
ingreso adicional, desarrolladores de software, informáticos y profesionales
de todas las disciplinas trabajando en forma remota y bajo modalidades de
contratación del estilo *free-lance* y *gig economy*, son apenas algunos ejem-
plos de estos cambios. Evidentemente, en relación con el trabajo tradicional
(fijo y asalariado) de la Industria 3.0, estas nuevas formas de trabajo impli-
can cierta pérdida de la capacidad negociadora de los trabajadores, como
así también desafíos para los sistemas de seguridad social (Molina Valiente,
2015)⁸⁰. Sin embargo, la reducción en los costos de búsqueda y una mayor
flexibilidad en la contratación y el despido podrían aumentar las oportuni-
dades de empleo.

77 Molina Navarrete, Cristóbal. (2017). Derecho y Trabajo en la era digital: ¿revolución industrial 4.0? o ¿economía sumergida 3.0? Organización Internacional del Trabajo.

78 Katz, L. y Krueger, A. (2016). The rise and nature of alternative work arrangements in the United States, 1995-2015. Cambridge: National Bureau of Economic Research.

79 Godschmidt, D. y Schmieder, J. (2017). The rise of domestic outsourcing and the evolution of the German wage structure. The Quarterly Journal of Economics, 132(3), p. 1165-1217.

80 Molina Navarrete, Cristóbal. (2017). Derecho y Trabajo en la era digital: ¿revolución industrial 4.0? o ¿economía sumergida 3.0? Organización Internacional del Trabajo

des de empleo para personas poco capacitadas; un estudio de la Universidad de Oxford, muestra un impacto positivo de la presencia de Uber en el empleo a nivel de los mercados locales (Berger y otros, 2017)⁸¹.

Un estudio de la Universidad de Princeton⁸² muestra que en Estados Unidos prácticamente todo el crecimiento del empleo entre 2005 y 2015 responde a estas nuevas formas de relaciones laborales, explicando en la actualidad entre el 20% y el 40% del total del empleo. Por lo tanto, podríamos esperar que en la medida en que las economías avanzan en la digitalización, el trabajo asalariado podría ir perdiendo importancia relativa respecto al trabajo autónomo. En este contexto, otra consecuencia de la digitalización es la eliminación de los trabajos de calificación media; varios estudios muestran que en los países desarrollados la proporción de empleos de calificación alta avanza en desmedro de los puestos de media calificación (Salazar-Xirinachs, 2017)⁸³.

En relación con las oportunidades laborales del futuro, la oferta podría variar según el sector de la industria sobre el que nos enfoquemos. Por ejemplo, en el sector automotriz, donde la tendencia es lograr “vehículos conectados” y “vehículos autónomos”, se requerirán trabajadores con habilidades en *software*, sensores, seguridad y conectividad. Al mismo tiempo, la mayor oferta de autos eléctricos incide sobre la actividad de I+D de la industria de baterías, lo que demandará especialistas en el uso de energías renovables, electrónica, química y física. También se requerirán habilidades en el uso de impresión 3D y especialistas en el desarrollo de nuevos materiales. En la industria del petróleo habrá oportunidades para especialistas en operaciones de drones (inspección de pozo) y en el análisis de imágenes (tareas de exploración). En fabricación de robots, la región puede encontrar un nicho en actividades que agregan valor a los robots de servicios, ofreciendo oportunidades para diseñadores de circuitos electrónicos, desarrolladores de Inteligencia Artificial, entrenadores de robots y especialistas en sensores. En el área de ciberseguridad, la demanda de especialistas será creciente a medida que aumenta el uso de internet de las cosas, que involucra desde productos de uso personal hasta máquinas industriales. En la industria de la salud, las oportunidades estarán relacionadas con la informática aplicada, y especialistas en bioingeniería y bioimpresión 3D, la producción de prótesis e impresión de órganos humanos funcionales y tejidos, y desarrolladores de aplicaciones para la rehabilitación de pacientes y de plataformas de comunicación para telemedicina.

81 Berger, T.; Chen, C. y Frey, C. (2017). Drivers of disruption? Estimating the Uber effect. Oxford: Oxford Martin School, University of Oxford.

82 Katz, L. y Krueger, A. (2016). The rise and nature of alternative work arrangements in the United States, 1995- 2015. Cambridge: National Bureau of Economic Research.

83 Salazar-Xirinachs, J. (2017). La metamorfosis del trabajo. Integración y Comercio, 21(42), p. 70-83. Disponible en: <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/8487/Revista-Integracion-y-Comercio-42.PDF>.

- DESIGN THINKING DE LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

LAS TRANSFORMACIONES QUE SUPONE ESTA NUEVA REVOLUCIÓN IMPACTAN SOBRE TODAS LAS DIMENSIONES DE LA ORGANIZACIÓN ECONÓMICA Y SOCIAL. SE MODIFICA ACELERADAMENTE LA FORMA EN QUE TRABAJAMOS, SOCIALIZAMOS, NOS COMUNICAMOS, PENSAMOS Y SENTIMOS. LA SUBJETIVIDAD MISMA ESTÁ SIENDO TRANSFORMADA POR EL AVANCE TECNOLÓGICO. SURGEN NUEVAS DIRECCIONES DE INNOVACIÓN, DE PROGRESO SOCIAL Y DE ECOSISTEMAS ECONÓMICOS. OBVIAMENTE, ESTO GENERA DESAFÍOS EN DIVERSOS ÓRDENES.

DESAFÍOS TECNOLÓGICOS

Estandarizar las interfaces. Perfeccionar los sistemas autónomos para la toma de decisiones. Desarrollar infraestructura para el uso de grandes volúmenes de datos. Mejorar la ciberseguridad.

En la medida en que la industria tradicional se vaya transformando en una Industria 4.0, será cada vez más necesario que los diferentes sistemas operacionales puedan comunicarse entre sí e interactuar. Para ello **resulta clave contar con normas y estándares internacionales que armonicen el diseño de las interfaces a nivel global**. La industria manufacturera se enfrenta actualmente al desafío de la estandarización y de la cooperación en este campo (Plattform Industrie 4.0, 2017)⁸⁴. Alemania, que concentra un porcentaje significativo de las empresas fabricantes de tecnología industrial de punta, está propiciando la formación de Consorcios Internacionales para la estandarización de las tecnologías que integran la Industria 4.0. Su objetivo es definir junto a otros países productores de tecnologías industriales, como China, Estados Unidos, Reino Unido, Japón y Corea, los modelos que proporcionan el marco para el desarrollo, la integración y el funcionamiento de los sistemas tecnológicos para la industria.

Además, es necesario **perfeccionar los sistemas de análisis de datos y la Inteligencia Artificial para la toma de decisiones** a fin de evitar caer en errores involuntarios. Por ejemplo, los comportamientos imprevistos en los sistemas de negociación algorítmica que han ocasionado importantes pérdidas financieras, como la de Knight Capital Group de 440 millones de dólares en 2012 (OECD, 2016)⁸⁵. El riesgo de tomar decisiones erróneas por la utilización de sistemas de análisis de datos e IA plantea cuestiones sobre cómo asignar responsabilidades.

La **ciberseguridad e infraestructura para el uso y manejo de datos** es otro desafío tecnológico relevante. Los datos deben ser tratados como una nueva infraestructura para la producción del siglo XXI. En 2017, se registró una ola de ciberataques (47.000 ataques) que afectaron a empresas y organismos públicos de 47 países, mientras que para 2018 se espera que estos ataques se concentren en empresas⁸⁶.

84 Norms and standards: a common language for Industrie 4.0 technologies. Plattform Industrie 4.0. Germany. Federal Ministry for Economic Affairs and Energy. Disponible en: <http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/EN/Industrie40/AreasOfAction/NormsAndStandards/norms-and-standards.html>

85 "Enabling the next production revolution: the future of manufacturing and services-interim report: Meeting of the OECD Council at Ministerial Level Paris. (2016, 1-2 June). Paris: OECD.

86 Giles, Martin; Rushforth, Lisa, trad. (2018, 9 enero). Los seis tipos de ciberataques para los que hay que prepararse en 2018. MIT Technology Review. Disponible en: <https://www.technologyreview.es/s/9908/los-seis-tipos-de-ciberataques-para-los-que-hay-que->

DESAFÍOS SOCIOECONÓMICOS

Evitar la concentración de las nuevas tecnologías en pocas empresas. Garantizar la alfabetización digital. Desarrollar habilidades en los trabajadores acordes a las nuevas exigencias. Monitorear los impactos sobre el mercado laboral. Reducir la desigualdad digital de género.

A nivel global, la mayor penetración de las tecnologías de la Industria 4.0 se observa en las empresas de gran tamaño y la robótica, se concentra en muy pocos países. La difusión de tecnologías incluye no sólo el hardware sino también las inversiones complementarias y los conocimientos necesarios para explotarlas plenamente; es decir, desde las habilidades hasta las nuevas formas de organización empresarial, especialmente para las PyMEs. Por lo tanto, la reasignación de recursos humanos y financieros serán esenciales no sólo para asegurar el acceso, sino también para contribuir en la creación de un entorno que fomente el dinamismo de las empresas y las posibilidades genuinas de incorporar estas tecnologías.

En el mismo sentido, es clave promover el desarrollo de las habilidades de las personas según las nuevas exigencias de la época. Garantizar la alfabetización digital, y otras habilidades genéricas como **la creatividad, la aritmética, la programación, y la resolución de problemas, debieran ser los principales objetivos de las políticas educativas**. Esto obliga a preguntarnos si estamos educando a los niños para que puedan convertirse en trabajadores de la Industria 4.0 y si los métodos de enseñanza que utilizamos están en sintonía con las habilidades que queremos desarrollar.

La velocidad del cambio tecnológico y los distintos ritmos de penetración de las nuevas tecnologías en los diferentes sectores de la economía nos desafían a monitorear el ajuste en el mercado de trabajo. Aunque en términos agregados se espera un impacto positivo en la productividad y en la actividad económica, es posible **anticipar fuertes cimbronazos en el mercado de trabajo** a través canales directos e indirectos. Las dificultades podrían afectar a muchos trabajadores si se produjera un desplazamiento laboral rápido en un sector importante en términos de su capacidad de generar empleo o si se produjera en varios sectores simultáneamente. Obviamente, estos cambios impactarán sobre los sistemas de seguridad social de los países.

Un documento elaborado por el Task Force sobre Economía Digital (DETF, por sus siglas en inglés) del G20⁸⁷, analiza qué tipos de trabajadores son los que más se benefician de los programas de capacitación y el efecto de la capacitación dependiendo del nivel de digitalización de la industria en la que estos se desenvuelven. Los resultados sugieren que los individuos que muestran las habilidades cognitivas más bajas y el contenido rutinario más alto de su traba-

87 Towards the implementation of the G20 roadmap for digitalization: skills, business dynamics and competition. (2018). Paris: OECD.

jo, es decir, aquellos trabajadores más expuestos al riesgo de automatización son también quienes menos participan en la capacitación. En promedio, en todos los países, sólo aproximadamente el 25% de los trabajadores que recibieron capacitación en 2012 o 2015 mostraron bajas habilidades, con la notable excepción de Turquía. En consecuencia, es necesario que los gobiernos rediseñen los programas de capacitación actuales para **garantizar que los trabajadores más vulnerables logren las habilidades necesarias para enfrentar los desafíos** planteados por la transformación digital.

En particular, el avance tecnológico representa un reto adicional para las mujeres debido a la persistente desigualdad de género en el ámbito laboral que existe en nuestra región. Son varios los estudios que muestran que, en comparación con los hombres, las mujeres latinoamericanas tienen una menor participación en la fuerza laboral, enfrentan mayores tasas de desempleo y dedican más horas al trabajo no remunerado, con lo cual enfrentan mayor inestabilidad laboral, tienen menor cobertura de seguridad social y perciben ingresos más bajos. Pero, además, **en el marco de Revolución 4.0, a la ya histórica brecha laboral entre hombres y mujeres se le suma la desigualdad digital**. Un estudio realizado por el INTAL sobre la población *millennial* en la Argentina⁸⁸ -a partir de una muestra representativa del total de jóvenes del país- encontró que, en comparación con los hombres, las mujeres usan menos las tecnologías en su trabajo, tienen menos habilidades tecnológicas y estudian carreras menos asociadas a computación, sistemas de información o ingeniería.

DESAFÍOS REGULATORIOS

Nueva gobernanza en materia de seguridad y propiedad de los datos. Nuevos mercados y actividades laborales. Propiedad intelectual, seguridad nacional, monedas digitales y bioética.

Se requiere una **nueva gobernanza, normas e instituciones ágiles que acompañen las transformaciones en todas sus dimensiones, cuidando los derechos de las personas, garantizando inclusión tecnológica y social**, priorizando tanto el acceso y como el desarrollo de las habilidades. Se requieren leyes que protejan los datos de las personas y de las empresas, que regulen los aspectos de seguridad y de privacidad, que regulen las actividades en la nube. También se necesitan regulaciones sobre los derechos y obligaciones de los nuevos actores (trabajadores autónomos, profesionales involucrados en proyectos por tareas, desarrolladores de *software*, emprendedores, etc.) y de los nuevos mercados, como el de la economía colaborativa.

88 Basco, A. y Carballo, M. (2017). Compás millennial: la generación Y en la era de la integración 4.0. Buenos Aires: INTAL BID. Disponible en: <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/8347/Compas-Millennial-La-generacion-Y-en-la-era-de-la-integracion-4-0.pdf>

¿Pueden las fotos, los mensajes de WhatsApp, los correos electrónicos, las imágenes de video ser considerados como pruebas en un proceso judicial? ¿Quién se responsabiliza de los resultados de una intervención quirúrgica realizada por un robot? En un accidente de tránsito que involucra a un vehículo conducido en forma autónoma, ¿quién es el responsable? ¿El que lo programó, la empresa que proveyó el *software* de navegación o el fabricante del sistema de sensores? ¿Qué condena merecen los hackers? ¿Son iguales todos los delitos cibernéticos? ¿Quién asegura que la información que se aloja en la nube no va a perderse? ¿Cómo se protegen las nuevas invenciones?

La digitalización también desafía las leyes de la propiedad; nuevos desarrollos tecnológicos contruidos sobre conocimiento previo, o por la convergencia de varias tecnologías conocidas, reabren la discusión sobre los derechos de propiedad y sobre la efectividad de instrumentos como patentes y registros de marcas. Al mismo tiempo, el desarrollo de nuevos materiales y el avance en las técnicas de las ciencias biológicas como la edición de genes desafían la ética humana.

A nivel tributario, la economía colaborativa presenta desafíos en materia de eficiencia y de equidad; exige igualdad en el tratamiento impositivo y facilidad de participación en el mercado. En lo referente a la igualdad del tratamiento impositivo, la política tributaria debe procurar que actividades e ingresos equivalentes sean gravados de manera similar, independiente del modelo de negocio, a fin de evitar distorsiones en la asignación de recursos entre distinto modelos de negocio frente a ventajas tributarias. En lo referente a la facilidad de participación en el mercado, es importante considerar que muchos oferentes en la economía colaborativa participan de manera esporádica y por periodos cortos de tiempo. Si un oferente tiene que darse de alta en regímenes tributarios o cambiar de régimen tributario para participar formalmente en la economía colaborativa, esto puede desalentar su participación.

La Revolución 4.0 está cambiando la naturaleza de los conflictos, lo que desafía a las políticas de seguridad de los países. **Las redes sociales e Internet son el nuevo escenario para los conflictos**; el terrorismo recluta jóvenes mediante estas tecnologías en cualquier parte del mundo y se conecta con ellos a través de la Web. Tecnologías como *blockchain* que permiten el surgimiento de monedas digitales (criptomonedas) como *bitcoin* abren espacios para mercados nuevos, que como tales no están siendo regulados, y por lo tanto, se convierten en plataformas globales para el financiamiento de actividades ilegales como el narcotráfico, el contrabando o el terrorismo. **Las monedas digitales desafían a los sistemas financieros e impositivos de los Estados nacionales.** En varios países se está trabajando para regular este mercado, de forma tal que las criptomonedas reciban el mismo tratamiento que los títulos de valores, títulos públicos, bonos y acciones.

DESAFÍOS PARA LOS PAÍSES EMERGENTES

Reducir la brecha digital respecto a países desarrollados. Promover la penetración y adopción de tecnologías 4.0 en sus ecosistemas productivos. Establecer nuevas estrategias de integración comercial en las cadenas globales. Mejorar la articulación entre la comunidad científica y el sector productivo. Fortalecer los ecosistemas locales de innovación. Promover el surgimiento de nuevos actores y nuevos mercados.

La automatización está reduciendo las ventajas de las economías emergentes basadas en mano de obra barata y **el comercio se está desplazando cada vez más a los bienes y servicios digitales**. Los flujos de comercio intensivos en conocimiento ya están creciendo aproximadamente un 30% más rápido que los flujos comerciales intensivos en capital y mano de obra (OECD, 2016). Los mercados laborales se ven afectados, mientras que los proveedores de capital intelectual y robótico, concentrados en los países desarrollados, se benefician enormemente.

El comercio internacional acelera la adopción de nuevas tecnologías, pudiendo incluso incentivar nuevos desarrollos tecnológicos. Los tratados de comercio pueden incluir mecanismos específicos de intercambio tecnológico, cooperación técnica y fomento a la innovación y desarrollo. Sin embargo, mientras algunos acuerdos involucran producciones primarias con gran contenido tecnológico (ejemplo, la agricultura de precisión) generando un círculo virtuoso en términos de desarrollo tecnológico, otros acuerdos, basados en el comercio de productos de escaso valor agregado pueden generar incentivos contrarios a la adopción de nuevas tecnologías.

La velocidad a la que se transmiten las nuevas tecnologías se ve condicionada en parte por el capital humano de los países (Coe, Helpman y Hoffmaister, 1997). Comin y Mestieri (2013)⁸⁹ investigaron cuánto tardan las tecnologías en adoptarse en las economías desarrolladas y emergentes, y qué tan intensivo es su uso. A partir del estudio de 25 tecnologías puntuales, encontraron una convergencia en las tasas de adopción entre los países y una divergencia en la intensidad del uso. Por lo que concluyen que los países que están menos preparados para adaptarse a estos cambios estructurales sufrirán en su competitividad. En este sentido, **según la OECD, hasta el 80% de la brecha de productividad entre las economías desarrolladas y emergentes puede explicarse por el retraso en la transición hacia las nuevas tecnologías** que supuso cada una de las revoluciones industriales como las de los siglos XVIII y XX.

Aprender a usar nuevas tecnologías sigue siendo un desafío para las empresas, en particular para aquellas que pertenecen a países emergentes. Los condicionantes para la adopción de nuevas tecnologías son la cultura de la empresa, la formación y las habilidades de los recursos humanos, y los esfuerzos en acti-

⁸⁹ Comin, D. y Mestieri, M. (2013). Technology diffusion: measurement, causes and consequences. Cambridge: National Bureau of Economic Research.

vidades de I+D+i. Pero también **hay factores exógenos a las empresas que son igualmente determinantes**: el costo de la tecnología y su posibilidad de financiamiento, los tiempos de amortización de la inversión, el acceso a servicios de mantenimiento y actualización, entre otros.

El modelo de innovación de los grandes laboratorios intensivos en capital está perdiendo relevancia a nivel mundial, ya que los procesos de innovación se están produciendo de forma colaborativa y deslocalizada. Ganan fuerza los **modelos abiertos, en los que las grandes compañías co-crean con empresarios y nuevos actores** de distintas disciplinas, en lugar de hacerlo con recursos internos. **Los ecosistemas locales de innovación están surgiendo en las ciudades de todo el mundo**, tanto en las economías emergentes como en las desarrolladas, interrumpiendo los negocios tradicionales, creando nuevas industrias y generando nuevos empleos. En este contexto, la Argentina tiene muchas oportunidades; cuenta con recursos humanos altamente capacitados y varios años de esfuerzo tratando de mejorar la articulación entre el sector científico y académico con los sectores productivos, y muchos laboratorios y espacios para incubar nuevas empresas y proyectos innovadores. La Argentina puede aspirar a posicionarse como un líder regional en la generación de soluciones específicas basadas en tecnologías 4.0, que puedan aplicarse en cadenas como la agrícola, la alimenticia y la petroquímica, entre otros.

INMERSIÓN 4.0: EXPERTOS ANALIZAN EL CAMBIO EXPONENCIAL



COOPERACIÓN PÚBLICA - PRIVADA · NUEVAS ESTRATEGIAS DE INTEGRACIÓN
DE LAS CGV · CLAVES PARA UN UPGRADE TECNOLÓGICO · HERRAMIENTAS
MACROPRUDENCIALES · LA VISIÓN Y LAS OPINIONES DE LOS ARGENTINOS ·
POLÍTICAS PÚBLICAS · EXPERIENCIAS DISRUPTIVAS EN BRASIL Y ARGENTINA

En noviembre de 2017, más de 1.500 personas asistieron a la 23ª Conferencia Industrial de la UIA para debatir sobre las oportunidades y desafíos que supone la Cuarta Revolución Industrial. Competitividad, inserción internacional inteligente, el rol de la educación, las iniciativas necesarias para promover el desarrollo industrial en todas las regiones y sectores del país, el diálogo social como vehículo de los consensos y cuáles son los principales vectores de la competitividad 4.0 fueron algunos de ejes abordados.

A continuación, se ofrece la opinión de distintos especialistas que participaron del evento, con el fin de encontrar respuestas a nuevos interrogantes:

A nivel nacional, ¿cuáles es el punto de partida? ¿Puede la industria argentina transformarse en una industria 4.0? ¿Sobre qué capacidades? ¿Puede plantearse ser desarrollador y no sólo adoptante de nuevas tecnologías? ¿Qué rol debe asumir el Estado argentino para que esta revolución tecnológica impacte positivamente en el tejido productivo y social? ¿Cómo puede la macroeconomía contribuir al desarrollo de la Industria 4.0?

A nivel regional, ¿qué sectores presentan mayores oportunidades para convertirse en adoptantes de las nuevas tecnologías? ¿Cuáles están más expuestos a los desafíos de la Industria 4.0? ¿Qué sectores existen en la frontera de la productividad que puedan posicionarse como desarrolladores de nuevas tecnologías? ¿Cuál es la estrategia del Estado brasilero para lograr una mayor difusión de estas nuevas tecnologías? ¿Se identifican áreas estratégicas en las que Argentina y Brasil puedan trabajar conjuntamente para desarrollar nuevas tecnologías que impacten sobre la industria? ¿Qué capacidades complementarias tienen ambos países en términos de I+D que nos permitan pensar en desarrollos conjuntos?

· UN RETO INELUDIBLE

Bernardo Kosacoff

Profesor de la UBA y UTDT.

Presidente del Consejo de la Producción.

El desarrollo y transformación del aparato productivo hacia **un patrón de especialización más “intensivo”** en trabajo formal calificado, en esfuerzos tecnológicos domésticos, en mayor valor agregado y en bienes diferenciados, es ineludible para lograr un proceso que permita una amplia inclusión en términos sociales, con la creación de empleo y sostener el desarrollo económico en el largo plazo. Un desafío adicional para tener en cuenta son las nuevas condiciones planteadas por la denominada industria 4.0. Los cambios iniciados hace más de dos décadas en electrónica, biociencia, nanotecnología, Internet de las cosas, energías renovables y otras áreas han convergido en el presente generando **cambios radicales en los métodos de producción, la elaboración de “productos inteligentes”, la co-**

mercantilización, el financiamiento y el consumo. La difusión de la digitalización y la conectividad, que replantean las infraestructuras existentes, con tecnologías de automatización y robótica, para crear valor en cadenas de producción inteligentes están rodeadas de nuevos conceptos como Inteligencia Artificial y big data, que están transformando a la sociedad. Sus impactos en la productividad y la equidad son enormes y replantean nuestra normalidad.

Estamos en un mundo incierto, distinto del pasado. Este cambio de tendencia se da en un contexto de alta volatilidad, de integración al mundo y de nuevas incertidumbres. Es un nuevo sistema con imposibilidad de planificar con certezas y debemos manejarnos en el plano probabilístico.

Los desafíos se deben basar sobre los ecosistemas productivos que definen nuestra estructura productiva, caracterizados por su heterogeneidad competitiva, con la acumulación de activos intangibles, y que serán el punto de partida para lograr la aceleración del cambio tecnológico y la dinámica de cambio estructural. Deben partir de potenciar los procesos evolutivos de largo plazo existentes en los recursos naturales, manufacturas y servicios, superando sus limitaciones y creando condiciones para su difusión y ampliación. Implica **un ejercicio colectivo de la sociedad para favorecer una interacción virtuosa entre Empresas-Mercados-Instituciones**. La empresa es el ámbito en el cual se genera el valor agregado, en el contexto de mercados competitivos y con instituciones que alineen todos los incentivos para favorecer su desarrollo. A su vez, se debe evaluar el contexto internacional y regional, con una **estrategia inteligente de inserción global, aprovechando las oportunidades y minimizando los costos, en particular evitando la difusión de prácticas comerciales desleales**. Simultáneamente el desarrollo productivo tiene una expresión local en el territorio y las regiones que requieren una atención específica a sus instituciones, competencias e idiosincrasias.

Este proceso ya se está generando, con **velocidades distintas, que están asociadas a los niveles de competitividad sectorial**. El liderazgo se observa en el área responsable de nuestra especialización exportadora, que cuenta con niveles de productividad similares a la frontera técnica mundial. Se destacan las actividades basadas en recursos naturales, los productores industriales de insumos básicos, núcleos del complejo automotriz, partes de la cadena agroalimentaria, en servicios basados en el conocimiento, en biotecnología, en farmacéuticos, entre otros. Se apuntalan a nivel empresarial de unas 400 empresas, que involucran un par de centenares de filiales de empresas transnacionales con participación desde el país en sus cadenas globales valor. Se suman a su vez, algunos grupos locales, los nuevos denominados “unicornios”, empresas como el INVAP y muchas PyMEs caracterizadas por su conducta emprendedora e innovadora. También se dan manifestaciones en la transformación de la intermediación financiera con los avances crecientes de las empresas de tecnologías financieras (Fintech) y la adopción de los nuevos procesos de manejo con inteligencia artificial de grandes bases de datos.

Actualmente, **existen algunos programas pioneros de políticas públicas** con el objetivo de fortalecer y difundir estas prácticas productivas. El Programa de Ecosistemas PyMEs que enfoca a la generación de valor, en el cual se pueden aprovechar las economías de escala y las capacidades productivas de las grandes empresas en forma simultánea con el encadenamiento de PyMEs proveedores de bienes de servicios y clientes, que se caracterizan por sus economías de especialización y permiten generar bienes altamente diferenciados, es uno de ellos. Asimismo, el Plan Automotriz; el Programa Potenciar enfocado en empresas locales con potencial de competencia; los Programas de Desarrollo de Proveedores en energías renovables, ferrocarriles y combustibles no convencionales; los recientes acuerdos en Biotecnología; los nuevos programas del BICE y de las leyes dirigidas a las PyMEs y el Compre Estatal; son algunos instrumentos incipientes de suma importancia.

En este sentido, la implementación de acciones que favorezcan el desarrollo de la cooperación entre las firmas para permitir la especialización individual en un contexto de complementariedad y extensión del mercado es un camino que permite avanzar en la competitividad. **La competitividad sistémica es el producto de un proceso colectivo y acumulativo a través del tiempo, que impacta en una mayor demanda de empleo formal y desarrollos innovativos.** A su vez, son fundamentales los servicios de apoyo en transporte y logística, financiamiento, infraestructura, energía, consultoría especializada, entre otros factores, para contar con un entorno favorable a la producción. Tener en cuenta en estas acciones el nuevo contexto de la Industria 4.0 es fundamental.

La cooperación pública-privada juega un papel de primera magnitud en la adopción y difusión de la Industria 4.0. Deben tener como objetivo central la construcción de confianza (trust) y alargar los horizontes de certidumbre en la toma de decisiones de inversión y el desarrollo de las bases de negocios. Esta debe articularse en un proceso de co-evolución de la producción y la institucionalidad y en la construcción permanente de un nuevo marco, con la participación de las organizaciones empresariales, de los trabajadores, del Sistema Nacional de Innovación y el ámbito educativo. El Estado tiene que desarrollar políticas públicas que, considerando las restricciones de presupuesto, tengan **en la evaluación su carácter distintivo.** Estas evaluaciones de impacto y desempeño, considerando los objetivos propuestos (productividad, empleo, exportaciones, etc.), deben abarcar los instrumentos existentes y los nuevos; una evaluación ex ante y monitoreo durante la implementación de los incentivos. De acuerdo con las conclusiones que generen, **la batería de incentivos debe replantearse, adaptarse y complementarse** para estar alineada con el desarrollo de los ecosistemas en la búsqueda del beneficio social.

· PRESENTE Y FUTURO DE LOS DESAFÍOS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL

Diego Coatz

Director Ejecutivo y Economista Jefe UIA.

Profesor de Estructura Económica (FCE-UBA).

Director del Instituto de Economía Aplicada (UCES)⁹⁰.

El futuro no está escrito, todos los días la sociedad está construyendo la industria del mañana. El desafío que tenemos es el de convertirnos en arquitectos de una industria que le permita a la Argentina retomar la senda del crecimiento y el desarrollo. El éxito estará determinado por la capacidad para **articular una estrategia que potencie la producción en el marco de la Industria 4.0**, fomentando la creación de tecnología para alcanzar una mejor integración en las Cadenas Globales de Valor (CGV).

El big data, la inteligencia artificial, las impresoras 3D, el *machine learning*, la computación en la nube, la automatización, la customización y la robotización no son palabras aisladas utilizadas para impresionar a los lectores, sino que son fenómenos que transforman los modos de producción al interior de las fábricas, modifican las interacciones entre fabricantes y proveedores, y también entre clientes y vendedores. La creciente conexión entre el *software* y el *hardware* permite que en una fábrica tengan información instantánea sobre el estado de sus máquinas para identificar en qué momento necesita arreglos, o incluso que sus proveedores sepan de manera automática cuándo enviarles la materia prima que precisan para poner las máquinas en funcionamiento. La mayor conectividad y el intercambio de información permite mejorar la productividad. Del mismo modo, una compañía puede conocer los diversos usos que se le dan a los productos que fabrica para posteriormente elaborar mejores. Estas transformaciones tienen a la industria manufacturera como una de sus protagonistas por ser una de las actividades que mayores esfuerzos de innovación realiza. El 76,9% de los recursos destinados a I+D en los países de la OCDE fue originado por la industria manufacturera y países como China, Japón, Corea y Alemania destinan más del 80% de los recursos en I+D a la industria. **La nueva manufactura implica un salto analítico, los servicios y la industria están cada vez más interconectados**, ya no sólo en el proceso productivo, sino que son parte constitutiva del propio bien elaborado.

La mayor inversión en I+D está vinculada a un eje que es necesario incorporar en una estrategia de desarrollo: la creación de tecnología. Los países desarrollados son los que cuentan con estructuras económicas más complejas al producir bienes que pocas naciones fabrican. También se caracterizan por destinar más recursos para financiar actividades de innovación. **Brasil es el único país de la región que invierte más del 1% del PBI en actividades en I+D, mientras que en**

⁹⁰ Se agradece la colaboración de Tomás Canosa, jefe del Departamento PyMI y Desarrollo Regional de la UIA.

Argentina se invierte el equivalente al 0,6% del PBI. China logró multiplicar por cuatro sus inversiones en I+D: en 1996 destinaba el 0,5% del PBI y 20 años después llegó al 2%.

En el año 2009 China no fabricaba robots industriales y en 2020 va a fabricar el 40% de los robots del mundo. Como plantean autores como la economista Mariana Mazzucato, o Andrew McAfee y Erik Brynjolfsson del MIT, **el sector público ha sido y continuará siendo un protagonista para impulsar procesos de innovación.** Sobre todo, como impulsor de un ecosistema productivo dinamice la inversión del sector privado.

La creación de tecnología les permite a los países contar con más activos estratégicos que se convierten en la puerta de entrada para tener una mejor integración en las Cadenas Globales de Valor. Ghana, por ejemplo, es el mayor exportador mundial de cacao en un mercado de menos de 5 mil millones de dólares. Sin embargo, Alemania es el mayor exportador de chocolates en un negocio que a nivel mundial llega a los 25 mil millones de dólares. Alemania no se convirtió en el mayor exportador de chocolates únicamente por tener las fábricas, sino también por innovar y desarrollar aquellas actividades asociadas a la producción como la investigación para fabricar nuevos y mejores chocolates, las actividades de diseño de los paquetes, el marketing para vender sus productos, la logística para que lleguen a todos los rincones del mundo y el desarrollo para potenciar las experiencias con los usuarios. En la Industria 4.0 hay que **concentrar los esfuerzos en lo que sucede adentro de las fábricas, pero también en todas aquellas actividades asociadas que son impulsadas y traccionadas por la producción industrial.** Sin ese motor que es la industria difícilmente existan todas aquellas actividades vinculadas.

Estos cambios generan en las PyMEs numerosos desafíos como oportunidades producto de la customización de la producción. De las producciones artesanales previas a la revolución industrial, a las producciones estandarizadas en masa, de manera creciente estamos ingresando en una etapa con fabricaciones personalizadas que se producen en el interior de las fábricas. Las nuevas tecnologías, como las impresoras 3D, brindan la oportunidad de ajustar segmentos de la producción a las necesidades de los consumidores. Por ejemplo, las impresoras 3D le permiten a un fabricante de calzado personalizar las plantillas según las características del usuario. Las pequeñas y medianas empresas al contar con estructuras más flexibles y tener más posibilidades de interacción directa con los usuarios, son las que cuentan con más potencialidades para explotar las ventajas de esta mayor cercanía. Esta situación incluso representa una oportunidad para aquellos establecimientos alejados de los grandes centros de consumo porque ellos conocen las necesidades de los ciudadanos locales. En un país como Argentina, con un entramado industrial heterogéneo, el aprovechamiento del mercado interno es una oportunidad para potenciar la producción local, como base para desplegar el potenciar exportador.

El acceso al crédito es una herramienta para potenciar la incorporación de nuevas tecnologías, así como el vehículo para realizar innovaciones en procesos y productos. El crédito al sector privado en Argentina representa el 13,4% del PBI, mientras que en México el 33%, Colombia 47% y Chile 111%. La evidencia muestra que **el sector público tiene un rol protagónico para potenciar el crédito**. Desde Escocia que anunció a comienzos de 2018 la creación del Banco Nacional de Inversiones hasta los créditos del Banco de Desarrollo de Brasil que representan el 10,4% del PBI o el de China que equivalen al 11,7% del PBI (Guadagno, 2016). De esta manera, fomentar el acceso a diversos instrumentos de financiamiento en condiciones competitivas para los sectores productivos es indispensable para potenciar la creación de tecnología.

La clave como siempre es **lograr una mayor coordinación entre el sector público y el privado**. Definir objetivos concretos, trazar una estrategia de largo plazo, medir los resultados, las desviaciones y definir el rol que debe ocupar cada actor de la producción. Es un proceso de aprendizaje institucional dinámico y complejo, que tendrá tanto aciertos como errores. En Argentina existen cerca de 600.000 empresas, de ellas 6.000 realizan esfuerzos cotidianos de innovación, 600 que formalmente realizan actividades de I+D, y tan sólo 60 compañías que explican el 80% de la I+D privada (Innubatec, 2017). Ampliar la base de empresarial que invierta en I+D, generando un núcleo dinámico de industrias que sean el sujeto de cambio estructural es el gran desafío que tenemos para absorber positivamente las disrupciones de la industria 4.0.

· ARGENTINA, EN BUSCA DEL UPGRADE TECNOLÓGICO

Fernando Peirano

Economista, especialista en innovación y desarrollo.

Vicepresidente del Departamento de Ciencia, Tecnología e Innovación - UIA.

A mitad de los noventa, Internet y otras tecnologías de información comenzaban a transformar las comunicaciones y sentar las bases para el surgimiento de un nuevo sector económico. Dos décadas después, las empresas más importantes a nivel global pertenecen a este sector desde donde se coordina un número creciente de operaciones comerciales, turísticas, financieras, de movilidad urbana y entretenimiento, entre otras.

Ahora, al parecer, se impone **un nuevo punto de inflexión**. El transporte, la comercialización y la producción pueden sufrir un profundo cambio ante la expansión de la inteligencia artificial, los avances en biotecnologías, el desarrollo de nanomateriales y la explotación del big data. Un cambio que renovará el concepto de manufactura, trastocando la estructura de los mercados y borrando las fronteras entre los bienes y los servicios al integrar ambas esferas. El

concepto de industria 4.0 ya comenzó a orientar inversiones, a influir en las estrategias empresariales y a moldear la agenda pública.

Este nuevo escenario cuestiona y, a la vez revaloriza, tres de los pilares estructurales de la producción argentina. En efecto, el cambio tecnológico y el surgimiento de nuevos modelos de negocios le imprimen una nueva perspectiva a la contribución que puedan hacer al desarrollo los recursos naturales, el sector industrial y las capacidades científicas. Echan una nueva luz a partir de la cual afloran nuevos claros y nuevas sombras.

Argentina llega a este punto de inflexión siendo el país de América Latina con el PBI industrial per cápita más alto de la región. De acuerdo con este indicador, el entramado productivo de Argentina supera al de Brasil, al de México y al de Colombia. La producción de estos bienes industriales se sostiene sobre una rica y compleja red de relaciones técnicas y comerciales integrada por grandes empresas nacionales, filiales de compañías transnacionales y PyMEs locales. Son pocos los países que han logrado construir una trama productiva semejante, pero estamos muy lejos de las cifras que pueden observarse en economía como Alemania, Estados Unidos o China.

Otro aspecto de gran relevancia se vincula con los recursos naturales. A diferencia de la creencia general, **Argentina no se encuentra entre los países más afortunados en la lotería de la riqueza derivada de la naturaleza.** Según las estadísticas que elabora el Banco Mundial, Rusia, Canadá, y Australia, además de las potencias petroleras, son las economías donde el “capital natural per cápita” alcanza los valores más altos. En esta escala, Argentina tampoco se encuentra entre los países más desfavorecidos. Le corresponde una ubicación destacada dentro del rango intermedio, gracias a la buena relación entre tierras cultivables y el número de habitantes, aunque sin que este coeficiente coloque al país dentro del podio.

Argentina también cuenta con una plataforma de ciencia y tecnología muy diversificada y altamente competente. Una muestra de su amplitud la brinda la proporción investigadores por cada millón de habitantes. Argentina prácticamente duplica la cifra que puede observarse en Brasil, país que lidera la relación entre I+D y PBI, y supera holgadamente a los coeficientes de México, Colombia y Costa Rica. **Con 1200 investigadores por cada millón de habitantes, Argentina sobresale del relieve de América latina** y se ubica en un nivel cercano al rango inferior del contexto europeo. Pero, nuevamente, Argentina está muy lejos de emular los sistemas de ciencia y tecnología de Japón, Israel, los países nórdicos o Corea.

En efecto, a pesar de su trayectoria zigzagueante, **el desarrollo de Argentina se sustenta en un sistema productivo basado en un entramado relativamente diversificado y sofisticado, en una plataforma de ciencia y tecnología con recursos humanos muy bien formados y en un territorio que aún encierra un**

potencial no aprovechado de recursos naturales. Al mismo tiempo, ninguno de estos vectores, por sí solo, puede brindar una respuesta rápida y definitiva a las demandas y necesidades que enfrente Argentina.

Así llegamos a la singularidad del desarrollo argentino. **El futuro se abre por la combinación de estos factores más que por la apuesta aislada hacia uno de ellos.** A partir del dominio de las tecnologías, cada uno de estos factores, bien articulados, puede desencadenar una sinergia con alto potencial. Esta es la especificidad que Argentina tiene que traducir en una ventaja competitiva y permanente, una respuesta conveniente para recuperar la historia y relanzar la capacidad creativa y productiva en clave de las nuevas exigencias y oportunidades.

En la combinación entre desarrollo tecnológico y producción está la posibilidad de acentuar la sofisticación de nuestro perfil exportador para avanzar en la escalera del agregado de valor. **La apuesta es por una industrialización que pueda hacerse fuerte en ciertos procesos o eslabones asociados a la transformación biológica, a nuevos materiales potenciados por la nanotecnología y al manejo de la información gracias a las TICs.** Recursos aplicados para conocer mejor a los consumidores y a los mercados, dispuestos para resolver cuestiones de distribución y logística. Argentina tiene las cualidades para ubicarse en estos eslabones que permiten una captura importante de las rentas que hoy circulan en las cadenas de valor globalizadas. Lo que ha ocurrido en sectores como *software*, insumos basados en biotecnología, bienes de capital para automatización y equipamiento médico, química fina, electrónica para maquinaria agrícola, manufactura asociada a diseño son algunos ejemplos en este sentido. Por eso es importante que esta dinámica se replique en toda la economía.

En este sentido, resulta útil presentar uno de los resultados más importantes de la Encuesta Nacional de Dinámica de Empleo e Innovación, publicada en 2015, y que sintetiza información cuantitativa a partir de más de 3500 casos y con una representatividad que refleja al conjunto de los sectores productores de bienes y servicios. Uno de los hallazgos más interesantes indica que **las PyMEs que fueron más activas en materia de tecnología e innovación son las mismas que crearon más puestos de trabajo**, en especial de alta y mediana calificación. Estas mismas empresas lograron incrementar de forma conjunta productividad, rentabilidad y salarios. Es decir, en la Argentina de los últimos años, al contrario de las predicciones más alarmantes, el empleo se vio favorecido por el cambio tecnológico.

Entonces el desafío es **alinear los diversos sistemas de promoción y lograr un mejor acoplamiento de las diferentes políticas públicas.** La recuperación de la planificación es una herramienta central para este objetivo. En muchos aspectos, la historia reciente da testimonio de las posibilidades y de los resultados de avanzar en este sentido. Este es un juego que se libra en el campo de la sintonía fina apoyada en innovaciones institucionales, una acertada gestión del comer-

cio exterior y convenientes acuerdos con otros países. Un juego que requiere ser usuarios y productores de los nuevos recursos. **Un juego donde quien logra abrir la caja negra de cada sistema tecnológico tiene como recompensa la porción más grande en el reparto de la nueva riqueza.** Para lograr esto, en muchos sectores la prerrogativa de combinar innovación e inversión requerirá crear nuevos actores locales considerando que una economía excesivamente transnacionalizada, deja de lado muchas iniciativas empresariales que pueden ser estratégicas para el conjunto del sistema productivo pero que le son negadas a las filiales.

En Argentina existen grandes empresas industriales, que algún día comenzaron siendo PyMEs. Empresas que lideran sus respectivos mercados, que han estructurado una variada cadena de proveedores locales y que se han ganado un genuino reconocimiento internacional. También existe un conjunto de 6000 PyMEs que han demostrado capacidad para diseñar y ejecutar proyectos de innovación en procesos o productos. Un conjunto que debería duplicarse en menos de una década, incorporando los fundamentos de la nueva economía. Estos actores locales son clave para absorber todo el potencial de las nuevas tecnologías y avanzar en el desarrollo. **Actores locales que permitan no solo ser usuarios o consumidores de los adelantos tecnológicos sino también productores de nuevas soluciones y ofertas.** Lograr este doble rol es fundamental para crear empleos de calidad y escapar de la competitividad basada en precios y atada a costos.

Argentina tiene por delante el desafío de combinar los tres pilares que supo reunir a lo largo de su historia. En la formulación de una nueva síntesis está la llave que para recrear su sistema productivo. **Una conveniente articulación entre recursos naturales, conocimiento y manufactura encierra un amplio potencial y puede dar lugar a crear una industria 4.0 con identidad local,** condición para ofrecer productos diferenciados de alto valor agregado. Porque a la luz de esta nueva revolución tecnológica, la historia fabril adquiere un nuevo relieve y el futuro volvió a estar cargado de industria.

- MACROLUTION: CLAVES PARA IMPULSAR ESTA NUEVA ERA

Dr. Martín Rapetti.

Director de Desarrollo Económico de CIPPEC.

Profesor adjunto de Macroeconomía II y Director de la Maestría en Economía, en la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Buenos Aires.

La digitalización de la economía como fenómeno global —esta posible Cuarta Revolución Industrial— abre una variedad de interrogantes. **Las nuevas tecnologías nos interpelan en función del futuro del trabajo, las instituciones laborales, la educación y los sistemas de protección social** en un mundo donde el trabajo asalariado pareciera perder el protagonismo que ha tenido durante el

capitalismo moderno. Este incipiente proceso presenta similitudes con otros de rápida transformación y adaptación productiva que han ocurrido en el pasado. La experiencia sugiere que **aquellos países con entornos macroeconómicos estables han logrado explotar mejor las ventanas de oportunidad** que emergen de dichos procesos.

Un **entorno macroeconómico estable** se caracteriza por inflación baja y previsible y cuentas pública y externa dentro de trayectorias sostenibles. Estos objetivos pueden lograrse con instituciones de política macroeconómica como las metas de inflación y las reglas fiscales que reducen los impulsos pro-cíclicos de la política fiscal. Entornos macroeconómicos con estos rasgos tienden a reducir la volatilidad e incertidumbre, lo cual estimula las decisiones de inversión productiva. **No existe crecimiento sostenido sin inversión productiva.**

La experiencia internacional ha mostrado, sin embargo, que aún con entornos macroeconómicos estables muchos países emergentes han sufrido interrupciones inesperadas en los flujos de crédito. Antes controversial, en la actualidad es ampliamente compartida la noción de que los mercados financieros internacionales padecen de numerosas fallas que los hacen proclives a momentos de euforia y otros de *stress*, o incluso pánico. En momentos de iliquidez internacional, se restringe el financiamiento pero especialmente en países emergentes, aun cuando sus fundamentos macroeconómicos sean sólidos. La retracción o salida de capitales inevitablemente conlleva costos en las economías receptoras.

Es por este motivo que la noción de macroeconomía estable se ha ampliado para incorporar también algunas **herramientas macroprudenciales**, entre las que se destacan un control más estricto sobre la posibilidad de agentes privados de financiarse en moneda internacional —especialmente, en aquellas ramas que se producen bienes y servicios no-transables— y la posibilidad de introducir controles en la cuenta capital. Estas y otras herramientas macroprudenciales **permiten una mejor administración de los riesgos que toma el sector privado al endeudarse, reducen las probabilidades de sobre expansión del crédito y/o de burbujas en el precio de activos y ayudan, además, a morigerar los shocks externos negativos.** La adopción de herramientas macroprudenciales para lograr entornos macroeconómicos estables —incluyendo la posibilidad de utilizar controles en la cuenta capital— es hoy aceptada en la academia y promovida por organismos multilaterales, incluyendo, por supuesto, al Fondo Monetario Internacional⁹¹.

Conseguir un entorno macroeconómico estable reforzado por el uso de herramientas macroprudenciales es una condición necesaria para aprovechar la ventana de oportunidad que se abre con la Cuarta Revolución Industrial. La política macroeconómica puede, sin embargo, ampliar su contribución al desarrollo productivo si incluye entre sus objetivos administrar el comportamiento del

91 Ghosh, A.; Ostry, J. y Qureshi, M. (2018). Taming the tide of capital flows: a policy guide. MIT Press.

tipo de cambio real. Este es un precio relativo que incide decisivamente en la rentabilidad de actividades que son transables e intensivas en empleo, como los servicios basados en conocimiento (*software*) y la industria. El desarrollo económico depende fuertemente de este tipo de actividades porque su expansión aumenta la productividad, genera empleo y tiende a reducir la necesidad de divisas. Esto genera un proceso de crecimiento inclusivo y sostenible.

Contamos con evidencia sólida para demostrar que **el nivel y la volatilidad del tipo de cambio real importan para el crecimiento económico en países en desarrollo**⁹². La evidencia muestra que evitar niveles apreciados o incluso lograr niveles competitivos tienden a acelerar el crecimiento económico. Sugiere también que una menor volatilidad contribuye al crecimiento. Por este motivo, es importante que la política macroeconómica incluya dentro de sus objetivos procurar mantener un tipo de cambio real competitivo y estable.

- MATRIZ EXPONENCIAL: ARGENTINA RELATIVAMENTE MÁS CERCA

Ana Inés Basco

Especialista en Integración.

Instituto para la Integración de América Latina y el Caribe (INTAL-BID).

El carácter disruptivo de las nuevas tecnologías genera tensiones y desafíos en materia de empleo, educación, inclusión social e impacto ambiental. Los ciudadanos de América Latina son conscientes de estas fricciones. Y si bien el mayor uso e inversión en estas tecnologías ubica a la Argentina en una posición privilegiada en relación con el resto de la región, sus habitantes tampoco son ajenos a la incertidumbre que la Revolución 4.0 plantea. **¿Están preparados para integrarse en la nueva economía global? ¿Qué impacto creen que tendrán las nuevas tecnologías en el empleo?** ¿Cuán importante creen que es Internet? ¿Cuánto uso le dan al *e-commerce*? Estas y otras preguntas buscamos responderlas desde el INTAL - BID a través de la investigación “Tecno-Integración de América Latina: Instituciones, comercio exponencial y equidad en la era de los algoritmos”. La principal fuente de información de este estudio proviene de la encuesta Latinobarómetro que se realiza hace más de 20 años en 18 países de la región a más de 20.000 ciudadanos.

A nivel del mercado de trabajo, **los argentinos consideran que la inteligencia artificial y la robótica dejarán un saldo negativo**; un 76% de ellos cree que los puestos de trabajo que serán desplazados superarán a los que serán creados por estas tecnologías. Este porcentaje es mayor al promedio regional, que se ubica en el 71%. Además, un 72% de los argentinos considera que la ciencia y la tecnología pondrán en peligro nuestros empleos. Es interesante destacar que

⁹² Rapetti, M. (2018) The real exchange rate and economic growth: a survey. Mimeo

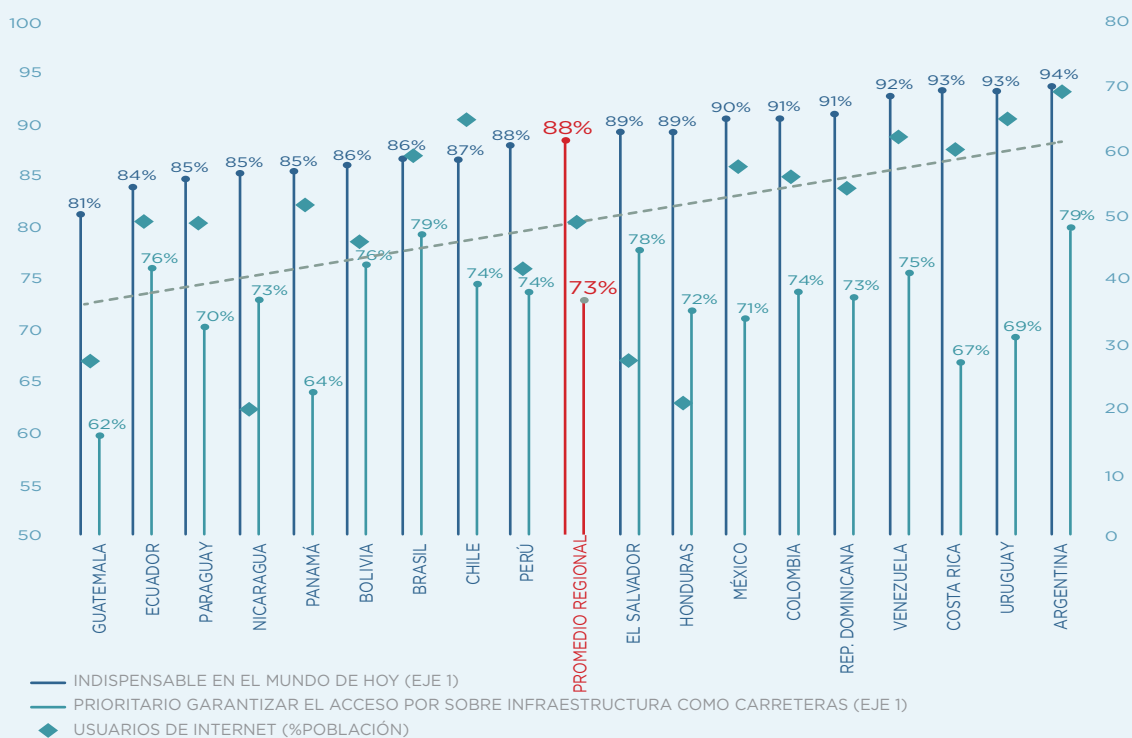
esta respuesta no está correlacionada con la situación laboral de los encuestados o con la tasa de desempleo del país. Esto datos también son congruentes con la opinión de los *millennials* en la Argentina, dado que, según la investigación del INTAL-BID “Compás *millennial*”, 7 de cada 10 jóvenes considera que en los próximos diez años los robots harán gran parte del trabajo que hoy realizan las personas. Y también coinciden con lo que piensan otros ciudadanos del mundo, como en Estados Unidos y Europa (72%⁹³ y 74%⁹⁴ respectivamente).

Sin embargo, en algunos nichos específicos de mercado, como el del cuidado de las personas, el avance tecnológico no se vislumbra como una amenaza para el empleo. **El 93% de los argentinos considera que, en el futuro, el cuidado de los adultos mayores y niños será igualmente necesario a pesar del desarrollo tecnológico**, registrando el valor máximo entre todos los latinoamericanos y superando en 8 puntos porcentuales al promedio regional.

Internet, que supo ser una tecnología disruptiva en sus orígenes, hoy es considerada como un servicio público básico para los argentinos: **el 94% considera que para moverse en el mundo actual es indispensable saber usar Internet**, un valor que es 6 puntos porcentuales superior al promedio de la región. La Argentina, además, se encuentra entre los países con mayor cantidad de usuarios de Internet (como porcentaje de la población total)⁹⁵ y que, a su vez, son lo que muestran mayor acuerdo respecto a la importancia de Internet y las nuevas tecnologías en el mundo actual (correlación de 0,73).

Gráfico 6.

Relación entre la percepción sobre la importancia de Internet y el nivel de utilización, según país.



Fuente: Elaboración propia en base a datos de INTAL - Latinobarómetro 2017.

93 Pew Research Institute.

94 Eurobarómetro.

95 Data Base Banco Mundial: Usuarios de internet (% de la población).

Lo cierto es que **Internet es una prioridad inmediata** para los ciudadanos de este país. Incluso frente a demandas de infraestructura básica insatisfechas, como el desarrollo de carreteras, el 79% de los encuestados considera que el acceso universal a Internet no puede postergarse. Junto con Brasil, la Argentina es el país que más apoya esta idea. La Argentina, además, es uno de los países que mayor porcentaje de su PBI destina a ciencia y tecnología⁹⁶, que tiene más patentes por habitante⁹⁷ y mayor cantidad de investigadores por habitante⁹⁸.

¿Cómo está cambiando la vida cotidiana de los argentinos con Internet? Al analizar la penetración de esta tecnología en términos de comercio electrónico, vemos que todavía falta mucho camino por recorrer dado que sólo el 21% declaró haber realizado alguna transacción de este tipo en el último mes. A pesar de ello, este país está dentro de los cuatro que declaran haber realizado más transacciones de comercio *online* -junto a Brasil, Chile y Uruguay- y supera en 7 puntos porcentuales el promedio de la región.

En resumen, la Argentina se encuentra entre los países de América Latina que registran mayores compras por comercio electrónico/Internet⁹⁹, mayor PBI per cápita¹⁰⁰ y mayor porcentaje de población usuaria de Internet¹⁰¹.

Todo esto nos permite concluir que los argentinos son conscientes de las fricciones que puede traer aparejada la Revolución 4.0, particularmente en lo que refiere al tema del empleo. Sin embargo, y en relación con el resto de la región, los ciudadanos de este país **reconocen la importancia que representan las tecnologías para la economía y la sociedad**. Con sus positivos indicadores vinculados a penetración de Internet, inversión en ciencia y tecnología, número de patentes y *e-commerce* en comparación con la región, la **Argentina tiene la oportunidad de aprovechar esta posición relativa para reconvertir su matriz productiva en una industria 4.0**. Al mismo tiempo, puede acompañar estos cambios con un acceso creciente de su población a las nuevas tecnologías. Una población que, si bien es consciente de posibles tensiones, se muestra más abierta a esta nueva revolución.

96 Data Base Banco Mundial: Gasto en investigación y desarrollo (% del PIB): Argentina. Disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?locations=AR>

97 Data Base Banco Mundial: Solicitudes de patentes: Argentina. Disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/IP.PAT.RESD?locations=AR>

98 Data Base Banco Mundial: Investigadores dedicados a investigación y desarrollo (por cada millón de personas): Argentina <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.SCIE.RD.P6?locations=AR>

99 UNCTAD. (2016). UNCTAD B2C *E-commerce* Index. Disponible en: http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/tn_unctad_ict4d07_en.pdf

100 Data Base Banco Mundial: PBI per cápita: Argentina <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.PCAP.CD?locations=AR>

101 Data Base Banco Mundial: Usuarios de internet (% de la población): Argentina <https://datos.bancomundial.org/indicador/IT.NET.USER.ZS?locations=AR>

· COMPRAS DEL ESTADO COMO DISPARADORAS DE PROVEEDORES TECNOLÓGICOS

Mag. Sergio Drucaroff

Subsecretario de Gestión Productiva.

Ministerio de Producción de la Nación.

La industria argentina atravesó a lo largo de su historia una sucesión de fases de expansión y retroceso impulsadas por factores internos y externos que le impidieron desplegar toda su potencialidad. En general, los procesos de crecimiento de la producción manufacturera no estuvieron acompañados de transformaciones estructurales que se tradujeran en una industria más competitiva, exportadora e integrada a la economía global. Un conjunto de factores que afectaban la competitividad sistémica de la industria – puertas afuera de las empresas, tales como el financiamiento de mediano y largo plazo, el marco normativo y regulatorio, los costos logísticos y el adecuado nivel de infraestructura, en el marco de una creciente presión impositiva – no fueron abordados desde la política industrial, dificultando que los esfuerzos de inversión empresariales individuales se tradujeran en mejoras competitivas significativas.

En el mundo actual **existen tensiones que tornan más compleja la competencia en los mercados de bienes manufacturados**. En efecto, tienen una dinámica exportadora más virtuosa aquellos países que orientan sus esfuerzos a la producción de bienes diferenciados e innovadores, con mayor valor agregado a través del diseño, la capacidad de innovar y la incorporación de nuevas tecnologías de digitalización. En ese marco desafiante, surgen oportunidades para el desarrollo productivo con el paradigma de “Industria 4.0” que requiere definir y establecer políticas estratégicas específicas que involucren una mayor participación de nuestras empresas en la disputa por la generación de valor agregado global.

En la actualidad, con la industria en una fase de recuperación con crecimiento en los niveles de producción industrial, aún nos encontramos alejados de aquellos países que alcanzaron un grado de desarrollo compatible con los desafíos de este nuevo paradigma. Esta brecha productiva se evidencia, por ejemplo, en el diferencial de las exportaciones de bienes de tecnología media – alta por habitante comparado a otros países desarrollados con características similares. El nivel de exportaciones de media y alta tecnología de Argentina es de 234 dólares por habitantes en comparación con 901 dólares de Australia y 3.020 dólares en España. Una estrategia de desarrollo exitosa requiere tasas de crecimiento y baja volatilidad sostenidas, acompañadas con una transformación de la estructura productiva, impulsando actividades de alto valor agregado local que permitan duplicar las exportaciones de alto valor agregado y acercarnos a la de los países desarrollados.

Un eje estratégico central para el fortalecimiento de las capacidades productivas y tecnológicas es la conjunción de las políticas de compras públicas y desarrollo de proveedores. Se trata de una herramienta utilizada por la mayoría de los países desarrollados - Estados Unidos, Israel, Alemania, Corea del sur, entre otros - para promover capacidades tecnológicas y productivas, acceder a capacidades tecnológicas de proveedores extranjeros e impulsar un tejido productivo dinámico e integrado a la economía global. La reciente sanción de la **Ley de Compre argentino y Desarrollo de Proveedores** es un avance sustancial como política pública, posibilitando un horizonte claro a aquellas empresas que inviertan, innoven y ofrezcan productos y servicios de calidad a precios competitivos, aprovechando la gran oportunidad que plantean las necesidades de inversiones y la institucionalización de un Programa de Desarrollo de Proveedores. En el marco de un ambicioso programa de infraestructura e inversión pública, **el Estado constituye un pilar clave del nivel de actividad de industrias conexas.** Se ha relevado un potencial de inversión público y privada por más de 270 mil millones de dólares, de los cuales más del 60% - 70 mil millones de dólares - corresponden, de forma directa o indirecta, a compras impulsadas o reguladas por el Estado. Esto abre una oportunidad no sólo por la posibilidad de generar mayor actividad sino como **punto de partida para transformar nuestra estructura productiva.** En este sentido, la creación y el fortalecimiento de sectores estratégicos constituyen unas de las principales áreas de intervención en la estrategia de desarrollo industrial impulsada por el gobierno nacional.

A este fuerte impulso de la demanda se conecta un trabajo preciso sobre la mejora y transformación de la oferta productiva. En este marco, el Programa de Desarrollo de Proveedores es un instrumento esencial que genera mayores capacidades empresariales y promueve mejoras de competitividad a través de herramientas de asistencia técnica y financiamiento. Esta herramienta permite aumentar la agregación de valor y la integración nacional en los diversos sectores industriales a partir de la generación de nuevos actores locales, así como el desarrollo de los proveedores ya existentes de insumos, partes y piezas, incrementando la densidad del entramado productivo y maximizando los efectos de multiplicación en la producción y en el empleo de la industria manufacturera. Adicionalmente, el Programa conecta a los proveedores locales con compañías internacionales dinámicas que cuentan con proyectos de radicación en la Argentina - industria ferroviaria, energía eólica, petróleo y gas, por mencionar algunos sectores - permitiendo el desarrollo de un nuevo canal de exportaciones a través de compañías con presencia en una gama diversa de mercados.

Como ilustración de las acciones que se están llevando a cabo en el marco de la política de desarrollo de proveedores vinculados al poder de compra del Estado, se pueden mencionar los casos de los sectores ferroviario, de gas y petróleo y de energías renovables, en los cuales la estrategia del Ministerio de Producción se ha basado en **tres pilares fundamentales: avanzar hacia el desarrollo de la cadenas de valor** promoviendo una mayor integración local; **impulsar el *catch up* tecnológico y productivo de los proveedores locales** a partir

de la intervención de empresas con relevancia internacional y, por último, **estimular la consolidación de actores** con capacidades competitivas para afrontar un mercado local cada vez más dinámico y mercados externos con alto nivel de exigencias de costo y calidad.

En conclusión, no debemos entender la política de compras públicas y desarrollo de proveedores sólo como una reserva de mercado para ser “aprovechada” por la oferta local sino como un **vehículo para promover la transformación productiva de un conjunto de sectores industriales, con capacidad de generar efectos de derrame tecnológico virtuoso a todo el entramado productivo, a partir del poder de compra del Estado**. Esto la posiciona como un instrumento de transformación esencial para el desarrollo de la industria, en conjunto con otras políticas que permitan mejorar las capacidades productivas y tecnológicas para construir las bases y alcanzar los desafíos que propone esta nueva revolución industrial de la “industria 4.0”.

- BIOTECNOLOGÍA ARGENTINA: PLATAFORMA INNOVADORA PARA LA INDUSTRIA 4.0

Dra. Graciela Ciccía

Presidenta del Departamento de Ciencia, Tecnología e Innovación de la UIA.

La biotecnología no deja de sorprendernos. Ensayos y experimentos que se pensaban casi imposibles hace varias décadas atrás, ya son moneda corriente.

La nanotecnología y el desarrollo de miles de técnicas de biología molecular cada vez más certeras, específicas y a un nivel de detalle impensado llevaron a la biotecnología a un nivel superior, convirtiéndola en una de las ramas de mayor potencial desarrollo científico, productivo y económico en el mundo. El universo que abarca es tan amplio como diverso y profundo: salud humana y animal, energía, agronegocios, diagnóstico médico y clonación, cuando no la edición de genes.

Las compañías y centros de investigación que se dedican a la biotecnología necesitan mejorar constantemente para no perder competitividad y sobrevivir en el mundo hipercompetitivo de hoy, dominado por la globalización y la velocidad. **La biotecnología requiere un área que se dedique a buscar y potenciar la innovación**. Esto no significa que una compañía necesite tener un departamento específico para poder generar nuevas ideas, pero ciertamente cuando se habla de biotecnología es imprescindible que haya alguien que vincule, que conecte los hallazgos con el capital económico y con las personas que puedan convertir ese descubrimiento en un producto.

El potencial de la biotecnología es infinito; **no sólo genera conocimiento científico y productivo sino que también crea empleo calificado, desarrolla redes de cooperación entre universidades y empresas, y permite mejorar la calidad de vida de la población** con nuevos productos y servicios de valor agregado.

EL LUGAR DE ARGENTINA EN ESTE MUNDO BIOTECNOLÓGICO

Como país tenemos una oportunidad única para liderar este campo en la región gracias a la experiencia, recursos humanos y ecosistema emprendedor existente en el país. La Argentina cuenta con recursos humanos calificados especializados en Biotecnología, tiene además un marco normativo con agencias regulatorias reconocidas como la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT) para salud humana y alimentos y, Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agropecuaria (CONABIA) para la agrobiotecnología.

Asimismo cuenta con un sector productivo dinámico con alrededor de 200 empresas. Se trata de compañías dedicadas a diversas actividades como la producción de medicamentos para uso humano y veterinario, reactivos de diagnóstico, clonación de animales, tratamiento de efluentes, producción de biocombustibles, enzimas industriales, alimentos, medicina genómica personalizada, fertilización humana asistida, desarrollo y producción de vacunas, producción de semillas, inoculantes, bioinsecticidas, entre otros. También existe un número pequeño de *start up* con base biotecnológica generadas por la asociación virtuosa de emprendedores de negocios con científicos que se animan a incursionar en esta nueva actividad.

Para incrementar significativamente la cantidad de empresas de base tecnológica un primer paso importante es dejar atrás los prejuicios: de los investigadores hacia las empresas y de las empresas hacia los investigadores. **La vinculación público privada es esencial para lograr que los descubrimientos no permanezcan sólo en el laboratorio y se conviertan en un verdadero desarrollo tecnológico.** En este sentido, las empresas con experiencia pueden ser mentoras, desde el punto de vista estratégico y ejecutivo, de aquellos emprendedores científicos que recién comienzan.

Innovar y emprender no es sólo algo que incumba a los científicos. **Hay una responsabilidad muy grande del sector empresario y del Estado.** Los emprendimientos biotecnológicos necesitan fuertes inversiones iniciales de alto riesgo sin ningún tipo de garantía real de que ese hallazgo se convierta finalmente en un producto o servicio rentable. **El Estado debe establecer estímulos fiscales,** como ocurre en países exitosos como Israel o Australia y con ese tipo de programas aumentar la inversión privada en innovación y desarrollo.

Para el sector biotecnológico, hay acciones muy importantes que se están llevando cabo, como la reglamentación de la **Ley de Biotecnología** con beneficios fiscales y la puesta en marcha en 2017 de la llamada Ley de Emprendedores. Por un lado, se ha creado un nuevo tipo de sociedad, la Sociedad por Acciones Simplificada (SAS), que puede constituirse en 24 horas, por Internet y, en el mismo plazo, obtener el CUIT en la AFIP y acceder a una cuenta bancaria simplificada; y por otro lado, la ley se focaliza en el problema del financiamiento mediante la creación de un Fondo Fiduciario para el **Desarrollo de Capital Emprendedor** con diversos instrumentos como el Fondo Semilla, incubadoras, aceleradoras y fon-

dos de inversión. Tres aceleradoras científico tecnológicas han sido seleccionadas para ser beneficiadas con este fondo: Grid X, CITES y el Parque Tecnológico del Litoral Centro con énfasis en proyectos biotecnológicos. El nuevo régimen de **Crédito fiscal para Investigación y Desarrollo** contemplado en la reforma tributaria del año 2017 será seguramente un estímulo para el sector productivo para iniciar o promover nuevas líneas de desarrollo que permitan la generación de productos de mayor valor agregado.

El desafío de innovar tiene que estar en el ADN de cada organización que se dedique total o tangencialmente a la ciencia y la tecnología, en cada compañía y en cada fondo de inversión que trabaje en este campo. Y para que esto sea posible **es imperativo aplicar las nuevas tecnologías digitales y el análisis de big data para contar con un verdadero mapa de la innovación** donde el sector productivo pueda acceder de manera ágil a los proyectos realizados en los organismos científicos como CONICET, INTA, CONEA y las universidades públicas y privadas. **Las oficinas de vinculación y transferencia tecnológica deben profesionalizarse, buscar proactivamente socios estratégicos nacionales e internacionales.** Si logramos potenciar estas asociaciones generaremos sin duda más empresas biotecnológicas que protagonicen la industria del futuro.

- MEDIOS DE DIFUSIÓN DE TECNOLOGÍAS DIGITALES EN LA INDUSTRIA. LECCIONES PARA ARGENTINA Y BRASIL

João Carlos Ferraz

Instituto de Economía, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Coordinador técnico del proyecto Industria 2027: Riesgos y oportunidades para Brasil ante innovaciones disruptivas.

El mundo está atravesando las primeras etapas de profundas transformaciones de los patrones de competencia, de producción y consumo, e incluso de estilos de vida. La base técnica de gran parte de las actividades productivas está en transformación, abriendo espacios para la disminución de costos, cambios en los procesos de trabajo y en el perfil de calificación de la mano de obra, reestructuración de las relaciones a lo largo de las cadenas productivas, introducción de nuevos productos y nuevos mercados, etcétera.

Las innovaciones disruptivas no surgen como procesos “naturales”: están siendo construidas a través de largos y persistentes procesos interactivos entre el mundo de la ciencia y la tecnología, el mundo de los negocios y el mundo de las políticas públicas, anticipando o respondiendo a desafíos de la sociedad, la competencia o las demandas de los mercados. Así, en gran medida, la transformación de oportunidades tecnológicas en innovaciones depende de capacitaciones acumuladas en el tiempo, de las presiones de la sociedad, y de la disputa entre países y empresas para conquistar nuevos mercados.

La Confederación Nacional de la Industria (CNI) en Brasil contrató a los Institutos de Economía de la Universidad Federal de Río de Janeiro y de la Universidad Estadual de Campinas para realizar el **proyecto “Industria 2027”**. Los objetivos son **evaluar tendencias tecnológicas, procesos de generación y difusión, e impactos de tecnologías emergentes sobre modelos de negocios, patrones de competencia y estructuras de mercado** en el mundo y en especial, en la industria brasileña. Los resultados (parciales) del proyecto indican que **el actual momento está marcado por la amplia, intrincada y complementaria convergencia entre tecnologías**: clusters de innovaciones interconectadas y convergentes están emergiendo, pudiendo transformar el mundo de los negocios y la calidad de vida de las personas. Inteligencia artificial, Internet de las Cosas, producción inteligente y conectada, y nanotecnología proveen soluciones para todas las actividades industriales y son tecnologías en rápido proceso de cambio. En las redes de comunicación surgen, igualmente, soluciones para todas las actividades industriales, pero en ellas conviven tecnologías maduras y otras en rápido proceso de cambio. De la biotecnología, materiales avanzados y tecnologías para almacenamiento de energía emergen soluciones para actividades industriales específicas y allí conviven tecnologías maduras y en rápido proceso de desarrollo.

La trayectoria probable es de difusión rápida, por la caída pronunciada de insumos clave. El costo de los sensores, por ejemplo, era de US\$ 1,30 en 2004 y puede llegar a US\$ 0,40 en 2020. Según una investigación de “Industria 2027” para el 74% de los representantes de 753 empresas industriales brasileñas de varios tamaños y sectores en 2027 las tecnologías digitales avanzadas (tipo 4.0) serán dominantes en sus sectores de actividad.

Sin embargo, **hoy, menos del 25% de las empresas brasileñas utilizan tecnologías de generaciones digitales avanzadas, siendo que sólo el 1,6% del panel ya adopta las de la generación 4.0**. El cuadro es un poco mejor cuando se observa empresas de gran tamaño (por encima de 500 empleados) o empresas multinacionales. No obstante, las diferencias entre sectores no son muy pronunciadas. En términos de funciones empresariales, los mayores avances en la aplicación de las tecnologías digitales se verifican en la gestión de cadenas de valor, ya sea en la relación con proveedores o con clientes. Los menores avances se encuentran en la gestión de la producción.

En un futuro próximo, las empresas brasileñas proyectan avances importantes en el uso de tecnologías digitales avanzadas. Para 2027, el 22% de los encuestados espera estar en la generación 4.0; y el 37%, en la generación tecnológica inmediatamente anterior (uso de tecnologías digitales conectando todas las áreas de una empresa, pero aún sin uso intensivo de inteligencia artificial). En la comparación entre 2017 y 2027, **los mayores avances se esperan en la gestión de cadenas de valor**. Esta es el área donde las empresas brasileñas esperan impactos reveladores sobre su competitividad.

Aunque sean parciales, los resultados de “Industria 2027” sugieren la expectativa e incluso la posibilidad de que las empresas avancen y hasta salten posiciones competitivas a partir del uso intensivo y eficiente de tecnologías digitales avanzadas. Las lecciones para las empresas argentinas no deben ser muy diferentes de las brasileñas. Como el protagonismo en la innovación es de las empresas, sus líderes necesitan entonces tener **la innovación como prioridad máxima en sus estrategias corporativas y estar abiertos a experimentar** nuevos modelos de negocio, explorar nuevas fuentes de competitividad y posicionarse de modo proactivo en los mercados.

Al mismo tiempo, las autoridades deben desarrollar e implementar políticas de fomento y difusión adecuadas para empresas en distintos estados de desarrollo. Como estas son tecnologías emergentes, no existen referencias internacionales de modelos de política acabados y probados. Se necesita mucha experimentación, con monitoreo en tiempo real, para acelerar el proceso de aprendizaje en hacer e implementar políticas. **Será esencial que las agencias públicas incorporen nuevos conceptos; nuevos modos de concertar políticas, agendas y prioridades; y nuevos instrumentos adecuados para acelerar el proceso de generación, uso y difusión de tecnologías avanzadas**, para fortalecer la capacidad competitiva de las empresas argentinas y brasileñas, propiciando la generación de empleo e ingresos de calidad.

Hay ejemplos de avances en la industria brasileña, en particular en la aplicación de tecnologías digitales a los agronegocios. La empresa de *software* Totvs desarrolló el programa Carol, con inteligencia artificial, a disposición en la nube y accesible a través de una aplicación vía iOS o Android. Carol aplica *machine learning* a los datos, aprendiendo de cosechas anteriores y perfeccionando recomendaciones de plantación. Ya cuenta con 625 grandes productores como clientes. La *startup* Agrosmart se especializó en el desarrollo de sensores en el suelo, con *software* incrustado para analizar 14 variaciones ambientales. Ya monitorea 80.000 propiedades en siete estados. La empresa afirma que el sistema ahorra hasta un 60% del consumo de agua y un 30% en el uso de energía. Empresas líderes como ABInBev, BRF, Mondel z, Ingredion y Duas Rodas tienen Centros de Investigación en Brasil y avanzan en la aplicación de IoT, IA y big data analytics para reducir el contenido de sal o azúcar sin pérdida de textura y sabor y, para desarrollar nuevos ingredientes, aromas y sabores.

En la bioeconomía ya están en producción comercial pionera proyectos de polietileno verde (Braskem), plantas de etanol 2G (Granbio y Raízen), producción de farneseno y especialidades químicas (Amyris), y aceites especiales y productos derivados de microalgas heterotróficas (Solazyme / Bunge). En etapa de escala piloto o demostración ya hay proyectos para butadieno (Genomatica), isopreno (Amyris), desarrollos de caña de energía (Granbio), desarrollos de tecnologías digitales para gestión de la producción de caña de azúcar y producción de biogás a partir de la vinaza (Raizen), y bioaceite, nanocelulosa, lignina y fibras de carbono (Fibria, Suzano y Klabin).

ANÁLISIS DE CASOS



SOLUCIONES TECNOLÓGICAS INTEGRALES • PLATAFORMAS COLABORATIVAS •
HACIA MODELOS PREDICTIVOS • ECOSISTEMAS DE INNOVACIÓN • TECNOLOGÍAS
PARA LA INTEGRACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL • AUTOMATIZACIÓN Y
DIGITALIZACIÓN EN INDUSTRIA AUTOMOTRIZ • EXPERIENCIAS PIONERAS

A nivel mundial, son cada vez más las empresas que implementan tecnologías de la industria 4.0 para lograr incrementos de productividad y conseguir una mejora en su posición competitiva, aunque se observan importantes diferencias entre los países (OECD, 2016)¹⁰². Según una encuesta realizada por la consultora Boston Consulting Group (BCG) a ejecutivos de empresas industriales argentinas¹⁰³, el 76% de los entrevistados reconoce que la evolución de su compañía hacia la industria 4.0 forma parte de los temas de discusión de la alta gerencia. **Mientras que el 34% de las firmas argentinas tiene planeado incorporar todas las tecnologías de la industria 4.0 en los próximos cinco años, en Alemania y Francia ese porcentaje supera al 70%**. El mismo informe destaca que esta diferencia podría explicarse por la falta de visión del empresariado local respecto de la capacidad de las tecnologías de la industria 4.0 para incrementar los ingresos de las compañías. Entre las **principales limitantes para la implementación de estas tecnologías** se reconoce: 1) la falta de personal capacitado (70% de respuestas); 2) la incertidumbre respecto al impacto de estas inversiones en el beneficio de la empresa (65%); 3) la resistencia al cambio y a la innovación (64%). Los resultados de la encuesta expresan sólo la situación para el promedio de las industrias de la Argentina, ya que algunas compañías en particular están transitando una verdadera transformación digital.

- CASO ARGENTINO PARA LA INDUSTRIA DE PRODUCCIÓN DE GAS Y PETRÓLEO - EMPRESA TENARIS

ADOPTANTE DE LA GRAN MAYORÍA DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INDUSTRIA 4.0, LA EMPRESA BRINDA SOLUCIONES ESPECIALIZADAS AL SECTOR MEDIANTE LA OFERTA DE PRODUCTOS Y SERVICIOS CON ALTO CONTENIDO TECNOLÓGICO. LA INNOVACIÓN Y LA COLABORACIÓN CON SUS CLIENTES FORMA PARTE DEL ADN DE LA ORGANIZACIÓN.

Tenaris es una empresa siderúrgica multinacional del grupo argentino Techint. Se posiciona como líder mundial en la provisión de tubos de acero y servicios para el segmento de energía y para ciertas aplicaciones industriales, como por ejemplo el sector automotriz. La firma, que emplea 19.000 personas, tiene una red global de plantas productivas, centros de servicio y oficinas comerciales. Entre sus clientes se encuentran las principales empresas petroleras internacionales, así como firmas de ingeniería dedicadas a la construcción de instalaciones de extracción, transporte y procesamiento de petróleo y gas. Sus principales productos incluyen tubería de revestimiento, tubería de producción, tubería de conducción y tubos mecánicos y estructurales. Su capacidad de producción anual de tubos sin costura es de 3,8 millones de toneladas, mientras que la de tubos con costura asciende a 2,6 millones de toneladas.

102 Enabling the next production revolution: the future of manufacturing and services-interim report: Meeting of the OECD Council at Ministerial Level Paris. (2016, 1-2 June). Paris: OECD.

103 La encuesta fue realizada en octubre de 2017. Participaron 78 ejecutivos de 66 empresas industriales de distintos tamaños y de todos los sectores de la industria; el 41% fueron empresas de más de 1.000 empleados, el 18% entre 501 y 1.000, el 28% entre 101 y 500, y el 13% menos de 100 empleados. En: Nieponice, G.; Rivera, R.; Tfeli, A. y Drewanz, J. (2018). Acelerando el desarrollo de la industria 4.0 en Argentina. Boston Consulting Group.

Algunos de sus rasgos distintivos:

Cerca del cliente: Las plantas de producción de Tenaris están ubicadas en los principales mercados de petróleo y gas. Esta presencia le permite desarrollar vínculos sólidos con las empresas de energía, mejorar continuamente su oferta de servicios técnicos y brindar a los clientes herramientas para una gestión eficiente y ágil del negocio. Como proveedor integral de productos y servicios tubulares, Tenaris diseña soluciones para los requerimientos de cada operación de petróleo y gas, con el objetivo de apoyar a sus clientes en las operaciones de diseño, construcción, finalización e intervención de pozo.

Vocación por innovar: La empresa cuenta con Centros de I + D en la Argentina, México, Italia y Japón. Estos centros están dedicados a explorar los límites de la ciencia de materiales y el diseño mecánico para desarrollar productos que puedan ser utilizados de forma segura en ambientes cada vez más complejos y en condiciones extremas de producción.

Transformación digital de acero: Con el doble objetivo de lograr una mejora continua de su proceso productivo, y ofrecer a los clientes productos y servicios con alto contenido tecnológico, Tenaris emprendió el camino hacia la transformación digital.

En muy poco tiempo, la empresa encontró la forma de sacar máximo provecho de las oportunidades que le brindan las tecnologías de la industria 4.0.

A continuación, se describen algunas de las tecnologías y su aplicación:

I | Identificación de tubos por radiofrecuencia (RFID)¹⁰⁴

A través de etiquetas RFID adosadas en las tuberías, tecnologías de conectividad inalámbrica y una plataforma web RFID, se puede controlar el movimiento de los tubos en los depósitos hasta su carga en los camiones. Incluye la automatización de los movimientos de los auto-elevadores, generando una importante reducción de errores en las tareas humanas de carga y descarga, y mejoras en el control de los stocks.

II | Big Robótica Industrial

Las líneas productivas de Tenaris cuentan con aproximadamente más de 200 robots capaces de intervenir en temas como: toma y descarga de materiales, control de calidad, pintura, marcación, aplicación de cuplas y protectores, y aplicación de grasa, entre otras funciones.

III | Robótica en procesos administrativos

Automatización de transacciones frecuentes de alto volumen y bajo valor, por ejemplo, de cuentas por pagar, por cobrar, en la emisión de órdenes de la

¹⁰⁴ Sistema de almacenamiento y recuperación de datos remoto que usa dispositivos denominados etiquetas, tarjetas o transpondedores RFID. El contexto industrial representa una de las esferas que ofrece mayores perspectivas de desarrollo con respecto a la tecnología RFID, que puede utilizarse para controlar procesos internos, desde la producción hasta el almacenamiento hasta el envío de mercancías, con beneficios tangibles en términos de medición de la producción

cadena de suministro. En el futuro, nuevos robots cognitivos serán capaces de aprender de la experiencia y de gestionar excepciones sin supervisión humana.

IV | Manufactura aditiva (impresión 3D)¹⁰⁵

Tenaris ha sido precursora en la utilización de esta tecnología para prototipado de conexiones, protectores y calibres de medición de roscas.

V | Sistemas para la ubicación de activos y personas

Con el objeto de mejorar la seguridad se utilizan dispositivos que permiten rastrear la ubicación de los activos y de las personas en el campo y en interior de la empresa de manera precisa y en tiempo real. Se basa en tecnologías de sensores y analítica de video.

VI | Tenaris Store

Tienda virtual desde la que se pueden descargar las aplicaciones de Tenaris e información relevante para su uso en pozo y en la plata productiva. Se trata una plataforma con aplicaciones que los empleados, clientes y prestadores de servicios pueden descargar desde los lugares más remotos y que permiten resolver problemas específicos en tiempo real.

VII | Chatbot de Recursos Humanos

Sistema de chat que permite responder consultas y tramitar asuntos relacionados con el área de Recursos Humanos de la empresa. Es capaz de responder preguntas formuladas en lenguaje natural. En el futuro, podrá responder inquietudes de los empleados en varios idiomas.

VIII | Pipe-Counter

Sistema de conteo de tuberías (determinación de inventarios y conteo al recibir o despachar camiones). Utiliza imágenes en vivo o fijas de diversas fuentes a la que se pueden acceder desde computadoras de escritorio y dispositivos móviles. Se basa en modelos matemáticos y redes neuronales para analizar imágenes, identificar y contabilizar los tubos. Actualmente se está trabajando en su fase 2, que implica agregar aprendizaje automático para aumentar los niveles de precisión.

IX | Pipe Tracer™

Sistema trazabilidad de tubos que se utiliza desde dispositivos móviles y almacena información en la nube. Permite identificar cada tubo mediante un datamatrix¹⁰⁶ de lectura laser, rastrear y localizar tubos de manera individual y recibir información sobre sus principales características, como el largo y las especificaciones de cada uno. Al escanear los códigos ubicados en el cuerpo de la tubería y los protectores de rosca, los clientes pueden descargar la informa-

¹⁰⁵ Su empresa madre, Techint, acaba de realizar una donación al ITBA (Instituto Tecnológico de Buenos Aires) para fomentar el uso de esta tecnología en el país y sobre todo en la cadena de valor de la empresa, clientes y proveedores.

¹⁰⁶ Datamatrix o codificación de datos 2D es un sistema industrial de codificación bidimensional. Estos códigos pueden ser escaneados con niveles de contraste mucho menores que los necesarios para los códigos de barras, lo que resulta muy útil cuando han sido dañados o afectados por líquidos, pintura, rayaduras o suciedad, así como en los casos en que hayan sido directamente producidos sobre superficies metálicas reflectantes. Es posible decodificar toda la información contenida en un código Datamatrix aún si ha sido totalmente dañado entorno al 30% del código completo. Disponible: <http://www.datamark.es/tecnologia/identificacion-codigos-datamatrix-2d/>

ción del producto, crear recuentos digitales y generar hojas de cálculo de Excel específicas para la operación. Los clientes reciben información personalizada y actualizada de sus tubos, pudiendo prescindir de la necesidad de hacer conteos o informes manuales.

X | Análisis de video para controles operativos o de seguridad (logística interna)

Permite analizar imágenes de video de las cámaras en tiempo real o por lotes, generando alarmas y activando acciones en respuesta a escenarios o eventos predeterminados.

XI | Wearables para asistencia remota

Un empleado de Tenaris lleva puestas gafas o casco inteligente que transmiten en vivo todo lo que ven a otro colega que le brinda asistencia técnica en forma remota. Esto permite acelerar el tiempo de respuesta de mantenimiento.

XII | Portal Web (Rig Direct®)

Permite el comercio electrónico y brinda la posibilidad de intercambiar información de diferentes fuentes, por ejemplo, información directa desde el pozo de explotación. Con esta tecnología los equipos comerciales de Tenaris pueden “ver lo que ve el cliente”.

XIII | Sistemas de geolocalización para trazabilidad de logística externa

Mediante esta tecnología es posible calcular la ubicación real de un camión enviada a través de una conexión GPS para controlar la entrada y salida de camiones desde los depósitos hasta la descarga en el pozo de explotación. Permite obtener información sobre las ubicaciones y el seguimiento de envíos al cliente. También posibilita hacer rastreos de eventos pasados, gestionar y controlar activos. Favorece la gestión de la documentación, acelerando la facturación y el pago.

XIV | Drones y vehículos terrenos no tripulados

Se trata de vehículos autónomos conducidos por robots (o por humanos en forma remota), destinados a operaciones riesgosas y de seguridad. A partir de sensores, estas aplicaciones recolectan información e imágenes que son luego analizados mediante sistemas de análisis especializados y sistemas de video integrado. Estas tecnologías permiten el reemplazo de trabajadores en situaciones de riesgo o perjudiciales para la salud, como inspecciones de altitud en techos y control de emisiones de gases en chimeneas.

XV | Analítica Predictiva

Tenaris utiliza big data e Inteligencia Artificial que a través de modelos algorítmicos permiten predecir fallas de equipos, consumo de energía, minimizar el rendimiento de producción y mejorar el control del proceso.

XVI | Plataforma Digital Colaborativa

Tenaris creó una plataforma web que permite generar un ambiente de colaboración entre los empleados, clientes y empresas licenciatarias, a través de distintas herramientas. Por ejemplo, intranet para sus empleados (Tenaris 2.0); Red de Licenciatarios (Tenaris Licensees Network); Sistema de Demanda de

Tubos (Demand Sync) para sus clientes, que permite pronosticar el consumo de tubos en base a los planes de perforación y se convierte en una herramienta fundamental para el servicio Rig Direct®.

RIG DIRECT®: LA INNOVACIÓN COLABORATIVA

• EL PROBLEMA

El proceso de perforación y encamisado de un pozo o un conjunto de pozos (debido a la presión del suelo, la temperatura, la porosidad, etc.) es altamente variable; desde la definición exacta de la longitud final de cada pozo, hasta el manejo de contingencias y cambios de programa. Dicha variabilidad y la necesidad de evitar paradas del pozo, llevan al sector a operar con alto nivel de inventario. Es decir, el empresario petrolero, frente a la incertidumbre, prefiere acumular materiales para evitar que la falta de disponibilidad de tubos sea un motivo adicional de parada de la producción. Sin embargo, una ineficiente gestión de inventario se traduce en enormes cantidades de dinero destinadas a solventar el funcionamiento operativo del sistema (fletes, costos de almacenamiento, costos de inspección y obsolescencia, entre otras).

Este problema fue muy característico a nivel local; hace 20 años, la empresa de energía, petróleo y gas YPF operaba con altos niveles de inventarios propios hasta que Tenaris le ofreció hacerse cargo de toda la cadena de abastecimiento y estableció un modelo de tubería just in time; es decir, de provisión en el momento requerido. En Estados Unidos, en cambio, los operadores de petróleo históricamente trabajaron con grandes distribuidores de tubos (que eran básicamente importadores e intermediarios), que se manejaban con niveles de inventario de aproximadamente 6 meses de consumo.

Teniendo en cuenta que desde 2014 el sector de producción de petróleo (y en menor medida el de gas) transita una situación crítica, de precios deprimidos y tasas de interés en alza, reducir el capital de trabajo se convirtió en un aspecto determinante para garantizar la rentabilidad de muchos proyectos.

• LA ESTRATEGIA

Tenaris se dispuso a encontrar una solución tecnológica que le permitiese, por un lado, optimizar la gestión de su producción de tubos y reducir los tiempos desde la entrega hasta su facturación final y, por el otro ofrecer al cliente un servicio integral diseñado para mejorar la eficiencia de sus operaciones en pozo; es decir, reducir el capital de trabajo para conseguir una mayor tasa de rentabilidad

Dada su experiencia en la Argentina y México, en 2015 Tenaris decidió revolucionar el mercado americano; partiendo del concepto *Just in Time*, incorporó

tecnologías de la industria 4.0 logrando un nuevo modelo de provisión y gestión de servicios de pozos llamado “Rig Direct®”.

• EL SOCIO

El socio elegido por Tenaris para desarrollar Rig Direct® fue Yacimientos Petrolíferos Fiscales S.A (YPF), empresa con la que tiene al menos 20 años de experiencia de trabajo en la Argentina.

• LA COLABORACIÓN

Desde el inicio, YPF comparte con Tenaris sus programas de explotación, lo que permite desarrollar conjuntamente un plan de demanda ajustado y así obtener una estimación más precisa de la cantidad de material a consumir en cada proyecto. Esta información es ingresada en los Sistemas de Planificación de Demanda (Demand Sync) y se sincroniza con la programación de la planta de producción. Esta dinámica iterativa -de frecuencia semanal- ha generado una significativa reducción del capital de trabajo asociado a la operación petrolera.

Con el correr del tiempo, la colaboración entre ambas empresas se plasmó en una plataforma B2B (Business to Business) que permitió minimizar los tiempos administrativos de facturación/cobranza.

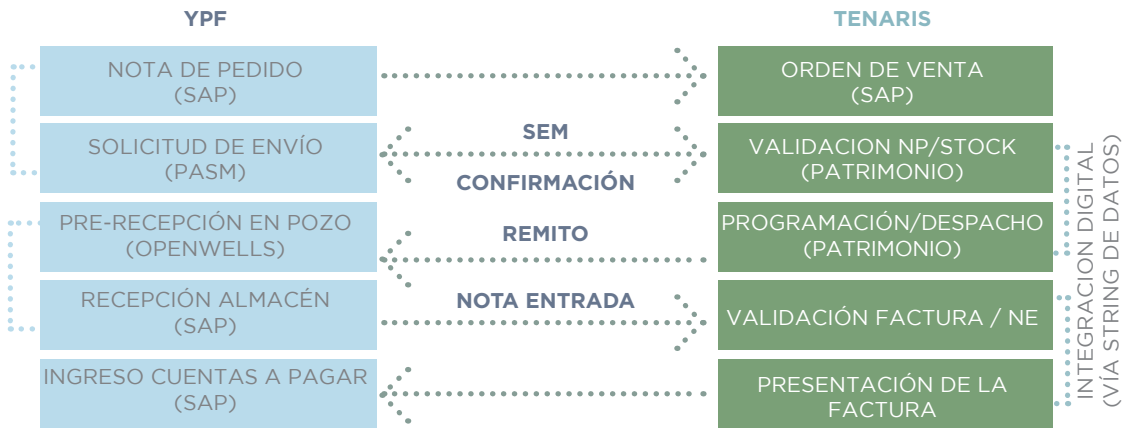
Actualmente Tenaris está implementado un proyecto piloto de la tecnología Pipe Tracer™ para controlar la recepción de la tubería entregada, facilitar la trazabilidad de los tubos efectivamente bajados al pozo y permitir la gestión digital de las devoluciones de tubos sobrantes del pozo y su posterior reasignación en la siguiente operación. Mediante este piloto se busca facilitar la gestión del servicio de facturación neta para que YPF pague solo por la tubería que efectivamente utiliza en el pozo.

• PLATAFORMA B2B (BUSINESS TO BUSINESS) YPF -TENARIS

Se trata de una plataforma digital basada en Web Services para el intercambio de información entre las dos empresas que facilita la pre-recepción del material final en el almacén y garantiza integridad de la cadena de documentos minimizando los tiempos del proceso de facturación/cobranza. Las empresas comparten digitalmente la siguiente información:

- Solicitud de envío de material a pozo (SEM) referido a un número de nota de pedido vigente.
- Confirmación del despacho verificando disponibilidad de stock asociado a la misma nota de pedido solicitada.
- Envío de remito digital del despacho de la tubería a pozo identificando nota de pedido, SEM y remito para facilitar la presentación posterior y cobro de la factura.

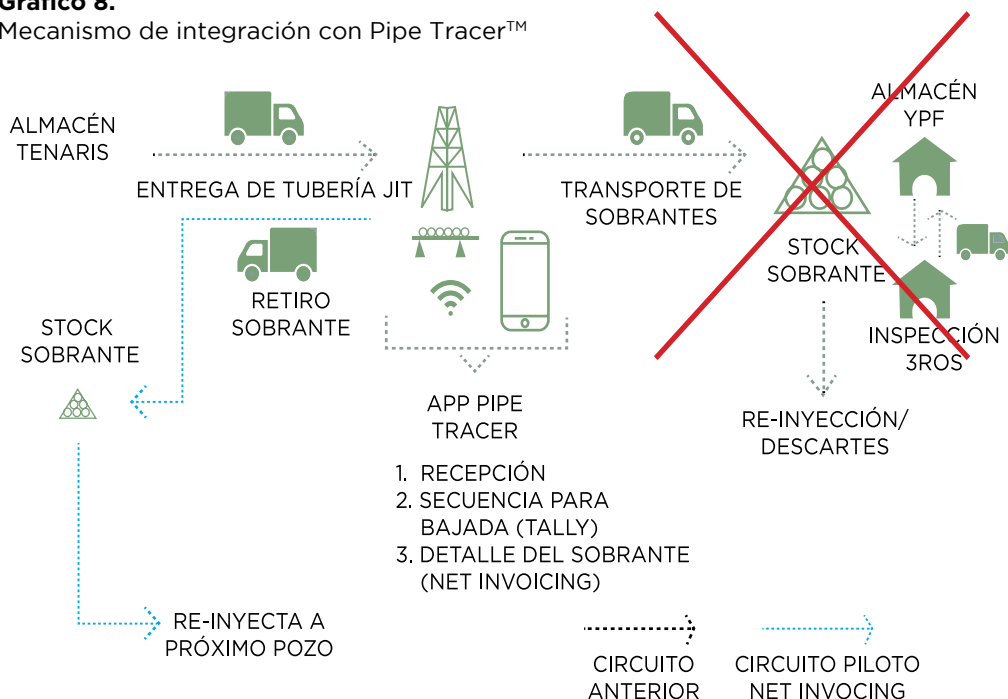
Gráfico 7.
Sistema de intercambio de información



La plataforma B2B se integra con Pipe Tracer™. En base a la solicitud de material a pozo que realiza YPF mediante la plataforma B2B y a la confirmación de stocks que permite esa plataforma, Tenaris despacha el material con identificación tubo a tubo.

A través de la aplicación Pipe Tracer™, luego YPF recibe el material y valida cantidad entregada, registra la secuencia de bajada al pozo y declara el material sobrante facilitando el servicio de facturación neta (los clientes únicamente pagan por los tubos que utilizan, Tenaris recupera y reutiliza los excedentes). Posteriormente, Tenaris retira los sobrantes, inspecciona y reinyecta en los pozos siguientes.

Gráfico 8.
Mecanismo de integración con Pipe Tracer™



La combinación de estas dos tecnologías permitió obtener una reducción del capital de trabajo debido a la disminución de los materiales sobrantes; ahorrar recursos logísticos; ahorrar costos de inspección, y optimizar la re-inyección del sobrante en pozo.

▪ **EL RESULTADO: RIG DIRECT®**

Sobre la experiencia de esta colaboración con YPF, Tenaris profundizó la búsqueda de soluciones integrales y, apoyada en las tecnologías de la industria 4.0, desarrolló el modelo de servicios Rig Direct®.

Esta iniciativa basada en la colaboración con el cliente mediante el intercambio de información ofrece una solución para gestionar la provisión de tubería y servicios en tiempo real y donde el cliente lo necesite.

Rig Direct® permite complementar la oferta de Tenaris con los siguientes servicios:

- Servicios de gestión de productos a través de un paquete integrado que incluye DemandSync™, Run Ready (tubulares listos para bajar a pozo), PipeTracer™ y el servicio de facturación neta.

- Servicio de consultoría técnica: Soluciones personalizadas, como diseño de tubulares y selección de materiales, calificación y pruebas, análisis de fallas y optimización de la producción, y capacitación técnica.

- Servicios en campo: Los especialistas de Tenaris asisten 1 de cada 3 bajadas complejas a nivel mundial. Buscan aprovechar la información de campo, que sirve tanto para mejorar el control de calidad del proceso productivo como para brindar información al cliente.

- Servicio de entrenamiento, capacitación y prueba: Tenaris construyó el Rig Direct® Academy en Veracruz, México. Este centro de entrenamiento y pruebas permitirá a sus clientes experimentar el desempeño de los productos de Tenaris en sus diferentes aplicaciones. Se llevan a cabo pruebas siguiendo protocolos y tomando en cuenta los requerimientos de la industria.

A pesar de los beneficios de la plataforma, Tenaris reconoce que inicialmente los clientes reaccionaron con cautela frente a Rig Direct®. La empresa tuvo que trabajar colaborativamente con sus clientes para vencer la resistencia al cambio y el sentimiento de “pérdida de control”. La clave fue generar confianza para el intercambio de información y la visualización de los impactos positivos ligados a esta solución.

• FUTURO TECNOLÓGICO Y DESAFÍOS

Tenaris ofrece al cliente la posibilidad de hacer trazabilidad de los productos, lo cual es una excelente base para el paso siguiente: convertir a los tubos de acero en productos inteligentes, que sean capaces de “informar” desde las características geológicas del suelo, hasta el desgaste sufrido y las condiciones de su estado general. Así, se podrá pasar de un modelo de mantenimiento preventivo (como el actual) a un modelo de mantenimiento predictivo.

El desafío tecnológico no se relaciona con la capacidad de captar el dato ya que hay sensores para ello, sino con la posibilidad de transmitir esos datos desde el pozo hacia la superficie en tiempo real de forma relativamente económica y confiable.

• CASO ARGENTINO PARA LA INDUSTRIA DE FABRICACIÓN DE PINTURAS - EMPRESA SINTEPLAST

MOTIVADA POR LA NECESIDAD DE REDUCIR INVENTARIOS Y TIEMPOS DE ENTREGA DE LOS PRODUCTOS, SINTEPLAST OPERA CON IMPORTANTES NIVELES DE AUTOMATIZACIÓN Y DIGITALIZACIÓN. COLABORA CON OTRAS EMPRESAS DEL SECTOR DE FABRICACIÓN DE PINTURAS PARA AGILIZAR SUS PROCESOS DE INNOVACIÓN

Sinteplast es una empresa nacional y familiar, fundada en 1958 en el garage de la casa de Raúl Rodríguez, padre de los cuatro directores actuales. Actualmente, la compañía lidera el mercado de la pintura con un 28% de participación. Ha expandido su negocio hacia Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay, países en los que cuenta con fábricas de pinturas y cadenas de comercialización de importante envergadura, empleando a más de 1100 trabajadores.

En Argentina, la empresa cuenta con tres plantas productivas. Una de ellas ubicada en el partido de Ezeiza, Provincia de Bs As, una en la provincia de San Luis y la última en la provincia de Córdoba. En estas últimas dos plantas se producen parte de los insumos básicos que utiliza para la producción como las resinas y los carbonatos. El Grupo Sinteplast cuenta además con una fábrica de envases (baldes plásticos) localizada también en la Provincia de Buenos Aires.

Desde 2007, la empresa cuenta con un Centro de Operaciones de once hectáreas ubicado en el partido de Ezeiza, donde operan cinco plantas productivas para la fabricación de pinturas termoendurecibles en polvo; pinturas al solvente; pinturas acuosas; diluyentes y aerosoles. En dicho predio funcionan también el almacén de productos terminados, los laboratorios de Investigación y Desarrollo, las oficinas corporativas, y el centro de capacitación.

En la actualidad, Sinteplast cuenta con tres unidades de negocio (Arquitectónica, Industrial y Automotor), y casi 4000 artículos que diariamente se distribuyen en todo el país.

DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS Y MERCADOS

La empresa nació dedicada exclusivamente a la elaboración de pinturas de tipo industrial. A partir de la investigación y desarrollo, en la década del 70 decidió incursionar en el negocio de las pinturas arquitectónicas, lanzando al mercado un producto totalmente novedoso para la época: Recuplast diseñado para solucionar problemas de humedad. En 2001, Sinteplast lanza al mercado su producción de pintura en polvo, incrementando rápidamente su participación en el segmento de pinturas industriales.

Actualmente, el 80% de su producción se destina a atender al mercado de pinturas arquitectónicas, y el resto al mercado de pinturas industriales y al de repintado automotor. En el mercado de pinturas arquitectónicas, Sinteplast llega al consumidor final a través de las pinturerías. En el caso de las pinturas industriales, el producto se vende de manera directa (B2B).

En 1999 la empresa lanzó Colorshop, una cadena de pinturerías dedicada a la comercialización de pinturas que opera con un sistema de franquicias a través de la cual se provee la gráfica, el diseño del local y la publicidad a las pinturerías. La cadena cuenta con más de 300 sucursales en la región. Además, Sinteplast atiende a otros 2400 puntos de venta ajenos a esa red.

CAMBIO DEL MODELO DE NEGOCIOS

• EL PROBLEMA

Lograr una producción just in time y ajustada a la demanda (on demand) resultan desafíos verdaderamente complejos para el sector que, a lo largo de su historia, e incluso en la actualidad, opera con niveles de inventarios elevados (rondando un mes para productos terminados). Las condiciones tradicionales de producción no permiten hacer series cortas de productos sin necesidad de tener que lavar cañerías y tanques. Al mismo tiempo, la tendencia del mercado es ofrecer a los clientes una gran cantidad de opciones; pueden elegir colores de una paleta de casi 6.000 tonalidades, que a su vez pueden presentarse en colores de línea (de acuerdo con tendencias de moda que cambian frecuentemente), pueden elegir pinturas con funcionalidades específicas (antihumedad, exteriores, antibacterial), pueden obtenerse en distintas formas de fraccionamiento (latas desde un cuarto a 24 litros, aerosoles, etc.). Además, la estrategia de logística y distribución de las empresas del sector se ve desafiada por la normativa nacional que restringe

los volúmenes de material inflamable legalmente permitidos para almacenar en los depósitos de las pinturerías, lo que enfrenta al fabricante a atender pedidos de bajas cantidades, pero con alta frecuencia.

• SOLUCIÓN 3.0

Sintoplast fue una de las primeras empresas del sector en visualizar este tema. Por eso, después de un año de investigación en el exterior, lanzó en 1991 el Sistema de Colores Sintoplast 2000. Se trataba de la primera máquina en Argentina que permitía preparar 2000 colores en la pinturería. Este avance simplificaba los stocks en el comercio y al mismo tiempo, ayudaba a brindar un servicio al cliente más personalizado y eficiente. En sólo cuatro meses se instalaron 50 equipos en diferentes puntos del país y en menos de dos años estaban funcionando 250 máquinas, marcando el liderazgo de Sintoplast en el mercado de la preparación de colores. Actualmente la empresa cuenta con más de 700 máquinas tintométricas distribuidas a lo largo del país.

• SOLUCIÓN 4.0

En el actual contexto, donde las nuevas tecnologías están transformando radicalmente la actividad industrial, las autoridades de Sintoplast reconocen que la producción de pinturas debe reformularse en varios aspectos. Por ejemplo, Miguel Ángel Rodríguez, director de operaciones de la empresa, y uno de los cuatro hijos del fundador, comenta que “la logística de distribución y la velocidad de entrega nos permitirá diferenciarnos de los competidores”. En este sentido argumenta que, al igual que otras industrias como la farmacéutica, la industria de pinturas debe evolucionar hacia un sistema de entregas más ágil y flexible que le permita llegar a sus clientes con pequeños pedidos en la mitad del tiempo. Alcanzar este objetivo es particularmente importante porque, además de brindar un mejor servicio al cliente, impacta directamente sobre una de las ineficiencias estructurales del sector; las grandes sumas de capital de trabajo destinadas a solventar los inventarios. En este sentido, se han llevado adelante diferentes acciones, entre las que se desatacan la automatización de los almacenes, el ruteo del sistema de transporte y la automatización de la planta productiva.

PRINCIPALES ACCIONES

A continuación, se presentan las siguientes soluciones que se han puesto en marcha:

I | Automatización de los almacenes y preparación de los pedidos

“Habíamos crecido en volúmenes de producción y ganado más participación en el mercado nacional, pero teníamos una limitación en nuestra ca-

pacidad de despacho. Decidimos automatizar almacenes y digitalizar el sistema logístico para ir hacia una entrega más rápida, sin errores en el pickeo y en la preparación de los pedidos”, explica el Director de Operaciones de Sinteplast, Miguel Ángel Rodríguez.

La empresa está invirtiendo 23 millones de dólares en la construcción de un nuevo depósito que se espera que entre en operaciones hacia fines de abril de 2019. El nuevo almacén, totalmente robotizado, le permitirá duplicar su capacidad de despacho de pinturas pasando de 250.000 litros diarios a 500.000 litros diarios. Posibilitará realizar 500 entregas en el día, lo que equivale a 900 paletas. El almacén tiene una organización de tipo modular para ganar una mayor flexibilidad a la hora de armar los pedidos (más cantidad, en pequeñas cantidades, en menor tiempo). Los subsistemas modulares que integran el almacén fueron diseñados bajo el concepto de “producto a hombre” para las tareas de picking; contemplando aspectos de la ergonomía en el trabajo, aumento de la seguridad y la productividad de los trabajadores.

Entre las tecnologías intervinientes, se destacan: a. el sistema de integración y el sistema de transporte electromecánico cuyo país de origen es España y b. transelevadores y Sorting Transfer Vehicle, con origen en Japón.

A continuación, se presenta una breve descripción de los dos subsistemas que integran la solución:

Subsistema Compact System (C.S.) de almacenamiento en simple fondo: las cargas se reparten a lo largo de diez pasillos de 63 metros de longitud. Las estanterías pueden soportar hasta 1.350 kg como máximo (aunque el modelo de robot transelevador está preparado para llevar cargas de hasta 1.500 kg).

Subsistema Miniload: con capacidad de almacenamiento para 7.000 contenedores. Las cargas se reparten a lo largo de cuatro pasillos de aproximadamente 38 m de longitud, con ocho aceras para almacenar los contenedores plásticos con materiales de baja rotación y de pequeño volumen.

II | Optimización de recorridos y cargas del sistema de transporte

“La tendencia mundial es llegar al consumidor final en el menor tiempo posible. Nuestros principales clientes son las pinturerías, no llegamos al consumidor final directamente, no obstante, nos estamos preparando para poder en el futuro atender todos los pedidos, en menos de 24 horas” afirma Miguel Ángel Rodríguez.

Desde septiembre de 2017, Sinteplast se encuentra trabajando en la incorporación de un *software* optimizador de rutas, que a partir de la geolocaliza-

ción del cliente y de los centros de distribución de la empresa, ofrece la opción más eficiente para entregar el pedido en el menor tiempo posible. Además, el *software* permitirá hacer un seguimiento en tiempo real de las entregas, la posición de los camiones y los productos. Para poder realizar las primeras pruebas de ruteo, se está trabajando en la geocodificación de los más de 2400 domicilios de los clientes. En base a esta información, se crearán zonas con tratamientos particulares (vehículos, velocidades promedio, etc.) y se procederá a la carga del maestro de vehículos.

La implementación de estas tecnologías está a cargo de un proveedor local y se prevé una reducción de costos de transporte en el orden del 10-20%, apalancado en una reducción de recorridos y optimización de la carga de camiones acorde a los vehículos disponibles. También se apunta a una mayor satisfacción del cliente con la puesta en funcionamiento del tracking de las entregas, sistema de aviso con ETA (Estimated Time of Arrival) y prueba de entrega en línea (*proof of delivery*).

III | Automatización de la planta productiva

Para explicar este punto, el Director de Operaciones de Sinteplast señala: “Para sostener nuestra cuota de mercado necesitábamos producir más cantidades y al mismo tiempo, flexibilizar la línea. Cambiamos hacia un sistema de producción altamente automatizado.”

En los últimos 5 años, fueron muchas las inversiones realizadas por la empresa para incrementar el nivel de automatización y robotización de los procesos en planta, permitiendo el aumento de capacidad productiva y de la productividad. Para ejemplificar el impacto, basta mencionar que en estos 5 años las ventas de la compañía (en litros) creció un 85%.

Entre las principales inversiones para la automatización de la planta productiva se destacan:

- Sistema de mezclado Colormix (año 2012): permite realizar colores especiales por mezcla de bases desde una lata de 20 litros hasta lotes de 1100 litros (Sistema O+B. País de origen: España).

- Automatización de la fabricación de pinturas en base acuosa (año 2013): permite monitorear el proceso completo de producción, agregando en forma automática y en la secuencia requerida, cada componente de una receta cargada (país de origen de la tecnología: España).

- Adición automática de resinas (año 2017): permite agregar en forma automática todas las resinas a los procesos de fabricación de pinturas industriales,

evitando movimientos y transportes manuales (país de origen de la tecnología; Argentina).

- Robots de paletizado (en etapas: 2013, 2016 y 2018): agiliza el armado de pallets, de distintos tipos de envases, desde packs de latas de a baldes de 24 litros (Robots ABB, país de origen de la tecnología: Dinamarca. Integración de O+B, país de origen: España)

IV | Integración vertical y horizontal de la empresa mediante tecnologías de la información

“Para mantener nuestro liderazgo en el mercado, trabajamos continuamente en optimizar todos nuestros procesos, mejorar nuestra comunicación con los proveedores y clientes.” (Miguel Ángel Rodríguez, Director de Operaciones de Sinteplast).

Sinteplast ha realizado enormes esfuerzos en integrar todas sus áreas a través de un ERP (SAP) de la empresa. Además, ha desarrollado plataformas para que sus clientes gestionen las compras y utiliza aplicaciones web y móviles para agilizar algunas gestiones administrativas, como la rendición de gastos.

Algunos de estos dispositivos son:

- ERP para la integración de todas las áreas de la empresa: Desde el 2011, se utiliza este sistema de la empresa alemana SAP para integrar y optimizar sus procesos de compras, fabricación, servicios, ventas, facturación. En menos de un año, Sinteplast logró implementar los módulos SD, FI, CO, MM, PP y CRM del ERP sin afectar el normal funcionamiento en la relación con proveedores y clientes. En 2017 se incorporó una interface para la gestión de reclamos que conecta los maestros de clientes y productos a fin de analizar la información sobre incidentes y todo tipo de reclamos.

- Plataforma Web propia para el ingreso de los pedidos de sus clientes: se implementó en 2015 y fue desarrollado a medida. Se trata de una solución amigable para el cliente que le permite evaluar el porfolio de productos y seleccionar los necesarios. Cuenta con la opción de seleccionar plantillas prediseñadas que facilitan la elección de los productos. Cada pedido ingresado, de ser necesario, pasa por un proceso de *work flow* para su aprobación y se transmite en forma automatizada desde SAP al ERP para continuar con el proceso de asignación de mercadería, facturación y despacho. Para Sinteplast esta plataforma significa una disminución de la carga operativa y de las comunicaciones telefónicas. Actualmente, se está ampliando la funcionalidad de esta herramienta mediante la incorporación de seguimiento de pedidos pendientes.

- *Business Intelligence (BI)*: la empresa está trabajando en la actualización de un Tablero de Gestión de Operaciones mediante la puesta en marcha de un modelo de Business Intelligence que, en una primera etapa, se aplica al área de Ventas y Control de Gestión.

- *Robotic Process Automation*: En 2018 la empresa inició tareas de relevamiento para identificar aquellas operaciones del área administrativa que son rutinarias, no agregan valor, y pueden ser automatizadas. La idea es continuar luego con el relevamiento en otras áreas con el fin de obtener mayor disponibilidad de tiempo para tareas de análisis y creatividad.

- *Aplicación web y móvil para la rendición de gastos*: Sinteplast utiliza una aplicación web y móvil que facilita el proceso, flujo de documentación e información a la vez que fortalece el control durante todo el circuito de anticipos y rendiciones de gastos. La herramienta permitió agilizar todo el proceso de declaración de gastos, de autorización (por niveles y tipo previamente definidos) para la gestión de ventas y el personal en general, incluyendo el uso de la tarjeta de crédito corporativa. Esto resulta de gran utilidad para aquellos empleados que operan en los centros de distribución de distintos puntos del país, agilizando los tiempos de las rendiciones y eliminando el uso del papel.

Las tareas de capacitación orientadas a clientes y al personal de la empresa, también se apoyan en TICs:

- *Plataforma web para capacitación y formación*: la empresa cuenta con un campus virtual desarrollado para que los clientes y el personal puedan aprender, preguntar, relacionarse con profesionales y hacer cursos online. Mediante la conexión a Internet, el usuario puede compartir experiencias independientemente de donde esté ubicado, aportar información, optimizar el tiempo de aprendizaje de acuerdo con sus necesidades y sin tener que preocuparse por horarios, traslados ni demás cuestiones operativas. En el campus se ofrecen diferentes cursos, con materiales teóricos y links especiales. La plataforma se complementa con el canal en YouTube de Sinteplast donde los usuarios -principalmente del segmento de Arquitectura- pueden encontrar tutoriales con información detallada sobre la preparación previa que requieren algunos productos, así como la mejor forma de aplicación y de terminación.

V | Modelo de innovación abierta

“A lo largo de nuestra historia, los mayores esfuerzos respecto a la innovación se centraron en el desarrollo de nuevos productos que permitieran diferentes prestaciones para nuestros clientes. Siempre hemos buscado socios en estos procesos. Hemos estado dispuestos a compartir ideas y tecnologías para mantenernos competitivos”, concluye Miguel Ángel Rodríguez, Director de Operaciones de la empresa.

Desde 1998, Sintoplast integra el Nova Paint Club, un grupo internacional conformado por empresas fabricantes de pintura de diferentes países que siempre han operado exclusivamente con capitales propios y son líderes en cada uno de sus mercados. El Nova Paint Club funciona desde el año 1983 y fue creado con el fin de proveer un marco de trabajo en el cual compañías productoras de pintura independientes de diversos países, puedan beneficiarse con el intercambio de información técnica, además de compartir experiencias tecnológicas y comerciales. Las fuerzas combinadas de las empresas integrantes del Grupo Nova, coloca a cada una de ellas en excelente posición para competir con las multinacionales. El grupo cuenta con más de 50 plantas de producción en diferentes lugares del mundo y se ubica en quinto lugar en el ranking de productores de pinturas.

Sintoplast, además, forma parte de otra importante agrupación de fábricas de pintura a nivel mundial: Coating Research Group Incorporated (CRGI) dedicada exclusivamente al desarrollo tecnológico e intercambio de tecnología.

La participación en estas instituciones fue un aspecto clave en el proceso de innovación de Sintoplast porque empujó a la empresa a realizar actividades como: benchmarking de diversos tipos de pinturas (fórmulas y características) en los laboratorios de CRGI, en Estados Unidos; estudios de R&R (repetitividad y reproducibilidad) para la validación de técnicas analíticas de los distintos laboratorios de las empresas integrantes; transferencia tecnológica para el desarrollo de pinturas en polvo, con capacitación de inmersión completa en Europa y para esquemas de pintado en torres eólicas de generación de energía renovable. En la actualidad, Sintoplast está dando los primeros pasos para el desarrollo de pinturas en base acuosa para aplicación DTM (direct to metal).

· A AL CUADRADO (A²): AUTOMOTRIZ AUTOMATIZADA

ESTA INDUSTRIA, CON MÁS DE 100 AÑOS DE EXISTENCIA, FUE Y SIGUE SIENDO UNA DE LAS PIONERAS EN LA INCORPORACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS. ¿CUÁLES SON LAS NUEVAS TENDENCIAS?

A nivel global, **la fabricación de vehículos es uno de los sectores que exhibe mayor nivel de automatización y penetración de las tecnologías 4.0.** En las principales plantas del mundo pueden verse drones que sobrevuelan la fábrica para colocar los volantes, salas con impresoras 3D que aligeran el peso final de los vehículos, robots que atornillan piezas de difícil acceso para el brazo humano, sistemas de análisis de datos que reducen el tiempo de espera de los productos terminados antes de salir a los concesionarios y plataformas web para que el cliente defina la configuración final del vehículo (tipo de óptica, color de la pintura, sistema de navegación y tapizado de los asientos, entre muchos otros). Tam-

bién la creciente incorporación de dispositivos para mejorar la seguridad, como la incorporación de sensores para detectar si el conductor tiene los ojos cerrados, o si la distancia con los vehículos de adelante y atrás es apropiada.

A continuación, se comentan las principales tendencias tecnológicas del sector:

| Robótica: automatizar y estandarizar la producción

El proceso de incorporación de robótica se inició en los años 70. Su aplicación se limitaba a tareas puntuales de cierta peligrosidad para los trabajadores, como levantar objetos pesados, soldar, aplicar pegamento y pintura, minimizando riesgos de accidentes y los desechos generados en el proceso productivo. La robótica siguió mejorando, pero aún hoy, en la etapa final del montaje, cuando se trata de incorporar el cableado o piezas pequeñas, la mayor parte del trabajo sigue recayendo sobre las personas. Según datos de la Federación Internacional de Robótica (IFR), la industria automotriz sigue siendo la principal demandante de robots industriales, concentrando el 35% de la oferta total de nuevas aplicaciones en 2016 y el 50% del stock robótico mundial¹⁰⁷. **En la actualidad, los robots se conectan con otros robots y con otras máquinas sin interferencias, e incluso, trabajan colaborativamente (en proximidad) con los humanos mejorando sustancialmente la productividad de todo el sistema.** Por ejemplo, la industria automovilística alemana está introduciendo robots colaborativos a pequeña escala en la cadena de montaje: la empresa Audi, en su planta ubicada en Neckarsulm, fue una de las pioneras al introducir un robot que, por sus sensores, podía operar en proximidad con trabajadores para colaborar en la introducción del líquido refrigerante. Volkswagen Mercedes-Benz y Opel también utilizan robots colaborativos para las actividades de montaje.

| Identificación por radio frecuencia (RFID): optimizar la producción

La adopción de códigos de barra y etiquetas RFID de alta frecuencia (HF) permite a los fabricantes recopilar datos de forma automática, mejorando la eficiencia de la línea de montaje y de la cadena de suministro. Esta tecnología permite **controlar y estandarizar el proceso de producción alcanzando una mejora significativa en la calidad del producto final y cumpliendo con la normativa técnica.** El impacto es tan valorado en el sector automotriz, que actualmente se está adoptando RFID de frecuencia ultra alta (UHF) en áreas donde los códigos de barra y alta frecuencia no funcionan adecuadamente¹⁰⁸. Entre los beneficios que permite se destacan: i) reducción de pérdidas, faltantes y cruces de activos entre operadores logísticos; ii) disminución en los tiempos de inventarios; iii) contabilización efectiva de activos; iv) trazabilidad sobre las autopartes y componentes; v) identificación automática y unívoca de cada producto.

107 World Robotics 2017: industrial robots: executive summary. Frankfurt: International Federation of Robotics. Disponible en: https://ifr.org/downloads/press/Executive_Summary_WR_2017_Industrial_Robots.pdf

108 Mientras la banda de alta frecuencia (HF) oscila entre 3 y 30 MHz y opera con rangos de lectura entre 10cm a 1m, la banda de ultra alta frecuencia (UHF) cubre el rango de 300MHz a 3GHz y puede alcanzar hasta 12 m.

| Vehículos autónomos: agilizar el ensamblaje y la cadena logística

Una de las tendencias del sector es romper con la cadena de producción en línea para pasar a un proceso de ensamblaje modular. Para ello se utilizan vehículos autónomos sobre los que se traslada el “automóvil sin terminar” desde una estación de ensamblaje a la siguiente, logrando una reducción de los tiempos de espera entre las estaciones y permitiendo una **producción flexible** para dar respuesta a los pedidos especiales de los clientes. Esto requiere adecuaciones en los *layouts* pero se espera que este sistema permita un aumento significativo en la productividad de las tareas de ensamblaje.

La alemana Audi ha introducido este sistema en su planta de Győr (Hungría) y planifica implantarlo en dos fábricas más, para lograr hacia el año 2026 la primera gran partida de automóviles fabricados con este método. **El Audi AGV, cuyo prototipo “Paula” se presentó en 2016, es capaz de transportar 2,2 toneladas a una velocidad de 40 kilómetros por hora.** Está equipado con una unidad de navegación que permite la ejecución automatizada y autónoma de misiones libremente configurables¹⁰⁹.

Asimismo, es una tendencia mover piezas y partes con vehículos autónomos. La **empresa BMW** utiliza vehículos en el Hall of Supply Logistics de Munich. Se trata de **un robot autoguiado, silencioso y con luces intermitentes**, que se traslada por la planta desde una estación hacia otra cargando hasta media tonelada de peso. El robot utiliza tres transmisores de radio y está equipado con un GPS que le permite calcular su posición exacta y llegar a destino sin cometer errores. **Con la ayuda de sensores, identifica situaciones críticas y puede responder en consecuencia; puede incluso compartir la ruta con personas y otros vehículos.** BMW trabaja en una versión mejorada que implica la incorporación de un sistema de cámara 3D que permitirá una navegación aún más precisa¹¹⁰.

| M2M (máquina a máquina): mejorar los productos

La tecnología M2M se está utilizando de formas muy variadas: 4G LTE, Wi-Fi móvil, sistemas de seguridad de nivel de tarjeta inteligente, soluciones avanzadas de propulsión inteligente, comunicaciones eCall y bCall para la asistencia inmediata en las carreteras, aplicaciones ADAS¹¹¹, transporte multimodo y programas de vehículos compartidos, entre otros usos. Es decir, **a partir de la aplicación de tecnologías M2M, los fabricantes de automóviles pueden ofrecer “vehículos conectados”** con distintos niveles de prestaciones.

Algunos fabricantes ofrecen servicios de asistencia al usuario basados en la telemática (sistemas informáticos y de telecomunicaciones) y en *infotainment* (sistemas de información y entretenimiento) que pueden presentarse bajo dos

109 Encounter Magazine. (2016). Disponible en : <https://audi-illustrated.com/en/audi-encounter-01-2017/paula-on-tour>

110 Schillmoeller, S. (2016, 03 march). BMW Group introduces self-driving robots in Supply Logistics. Disponible en: www.press.bmwgroup.com/global/article/detail/T0257786EN/bmw-group-introduces-self-driving-robots-in-supply-logistics?language=en

111 Advanced Driver Assistance Systems. En español: Sistemas avanzados de asistencia al conductor.

principios: un sistema fijo desarrollado por el fabricante conectado con navegador e Internet, o bien una interfase que permite la conectividad y el acceso al sistema de información y entretenimiento mediante el uso de *smartphones*. Son varios los fundamentos para que las automotrices se inclinen por la segunda opción, entre ellas el apego de las personas al teléfono móvil y la velocidad con que esa tecnología se actualiza (que supera ampliamente la vida útil de un vehículo). En este sentido, **existen varias interfaces como Carplay de Apple, Android Auto de Google, y MirrorLink, entre otras, que permiten reflejar, en la pantalla del sistema del vehículo, el contenido y las funcionalidades del smartphone**. Las aplicaciones móviles, la conexión a Internet y la capacidad de cálculo son aportadas por el teléfono. Sin embargo, al utilizar los sistemas operativos diseñados por las grandes empresas digitales para los sistemas de entretenimiento de los automóviles, los fabricantes estarían perdiendo “la soberanía sobre los datos” sobre el automóvil y sus ocupantes.

Otros fabricantes de automóviles están utilizando M2M para **optimizar el servicio de post venta, promoviendo una relación más cercana y sostenida en el tiempo con el cliente**. Se trata de la incorporación de sensores que permiten al fabricante introducir nuevas aplicaciones para realizar diagnósticos remotos y ofrecer un sistema de mantenimiento preventivo. M2M también puede utilizarse para brindar mayor seguridad a los conductores.

| Impresión 3D: prototipar y personalizar los productos

En el año 2014, la empresa Local Motors presentó en el International Manufacturing Technology Show (IMTS) el primer automóvil impreso en tres dimensiones: **el Strati, un auto biplaza que puede ir a una velocidad de 60 km por hora y está integrado por 50 piezas que se imprimieron en 44 horas**. El modelo fue ensamblado por la propia empresa durante los cuatro días que duró el evento.

La impresión 3D permite reproducir piezas y repuestos de geometría compleja, recrear piezas de automóviles que ya no se producen, o adaptar cada pieza a las especificidades del vehículo. Ford Motor Company, por ejemplo, lleva a cabo pruebas para fabricar autopartes y piezas automotrices en impresoras 3D. La tecnología 3D es también una herramienta clave para potenciar los nuevos modelos de negocios que buscan personalizar los productos a satisfacción de las aspiraciones específicas de cada cliente. El ejemplo más emblemático de esto es Mini, la marca británica de propiedad de BMW que a partir de 2018 permite a los consumidores del mercado europeo **personalizar las compras del modelo Mini Cooper**. En el modelo de negocio “Mini Yours Customized”, el cliente puede aplicar sus propios motivos a los accesorios, incluso colocar su nombre en distintas partes del vehículo; apliques decorativos para el lateral, para el frente, para los zócalos, y hasta una luz que se proyecta en el piso al abrir la puerta. Las piezas personalizadas son materializadas por una impresora 3D y enviadas luego por correo postal. La instalación de la pieza puede realizarla en muy pocos pasos el cliente o bien, acercarse a un concesionario para solicitar ayuda.

| Análisis de Grandes Datos: mejorar las prestaciones y el rendimiento de los vehículos

La producción automotriz es uno de los sectores de la industria que primero avanzó hacia la automatización y la digitalización, por lo tanto, genera una enorme cantidad de datos a lo largo de toda su cadena de valor. Las empresas del sector usan análisis predictivo en la mayoría de sus operaciones, logrando eficiencias significativas en la cadena de suministros, en la producción en planta, en la logística y el transporte.

La novedad es que, al ofrecer **“automóviles conectados”**, la industria automotriz **puede generar aún más cantidad de datos**. Por ejemplo, la telemática le permite obtener información como la velocidad del vehículo y presión de los neumáticos; el sistema de navegación puede aportar información sobre los recorridos más usuales que realiza el conductor; y el sistema operativo que ofrezca conexión para Smartphone puede obtener información sobre los ocupantes de automóvil. **Toda esta información puede ser puesta en valor, pero el desafío para los fabricantes será lograr monetizarla**. En este sentido, la tecnología de Análisis de Grandes Datos juega un rol fundamental para ofrecer a los clientes nuevas y mejores experiencias de conducción.

LAS NORMAS DINAMIZAN LA INNOVACIÓN

En la Comunidad Europea la introducción de algunas normas de seguridad impulsó el desarrollo tecnológico en la industria automotriz. Un ejemplo de ello es la iniciativa eCall. Se trata de un dispositivo que se instala en el automóvil y que, en caso de accidente, detecta cambios bruscos de velocidad, airbags activados o vuelco, y emite en forma automática un llamado a la central de emergencias indicando el lugar del accidente, la dirección en la que viajaba el automóvil y la hora en la que ocurrió. La iniciativa busca incrementar la seguridad vial a través de una reducción significativa en los tiempos de respuesta de los servicios de emergencia, estimados en un 50% en las zonas rurales y un 40% en áreas urbanas. Otro ejemplo son las regulaciones ambientales que empujan a la industria automotriz a seguir desarrollando baterías para autos eléctricos y bajar las emisiones de CO₂.

NUEVAS OPORTUNIDADES DE INGRESOS Y PRODUCTOS-PLATAFORMAS

Las tecnologías de la industria 4.0 permiten a los fabricantes convertirse en “proveedores de servicios de movilidad”. Son varias las estrategias que pueden adoptar para incorporar servicios a sus automóviles y obtener ingresos regulares después de la venta del producto. Sin embargo, en ocasiones los fabricantes encuentran dificultades para que sus clientes suscriban estos servicios porque muchas de las prestaciones que ofrecen pueden ser sustituidas por los proveedores de telefonía móvil.

Por ejemplo, la empresa General Motors, ofrece el servicio OnStar, que brinda conectividad y asistencia al conductor durante las 24 horas del día. Permite conectar hasta siete dispositivos con un alcance de quince metros de distancia hacia el vehículo. El sistema se activa presionando un botón en el automóvil o en la aplicación de OnStar. Esta tecnología también ofrece un asistente para buscar direcciones, acceder a noticias e información en tiempo real, conexión a servicios de emergencias y recuperación del vehículo en caso de robo. Estos servicios dependen de la red de telefonía móvil del cliente y de la disponibilidad del GPS.

· UN ASUNTO DE ESTADO 4.0

LA CONECTIVIDAD Y LA DIGITALIZACIÓN AVANZAN EN TODOS LOS ÓRDENES DE LA VIDA EN SOCIEDAD, GENERANDO DESAFÍOS EN TÉRMINOS PRODUCTIVOS, ECONÓMICOS, SOCIALES Y REGULATORIOS. ¿QUÉ POSTURAS ESTÁN ADOPTANDO LOS GOBIERNOS FRENTE A LOS DESAFÍOS DE LA REVOLUCIÓN 4.0?

Los Estados pueden tomar riendas en el asunto para garantizar el acceso y la difusión universal de las nuevas tecnologías; reducir impactos indeseados en términos de concentración económica o equidad social, y definir estándares y marcos normativos que estimulen el surgimiento de nuevos actores y mercados, entre otras medidas. Sin embargo, es cierto que, por tratarse de tecnologías emergentes, no existen recetas probadas que permitan garantizar resultados exitosos, y menos aún, si se consideran las diferencias entre los puntos de partida de los países.

A nivel mundial, se observa **una tendencia incipiente en la búsqueda de estrategias de los gobiernos para promover la incorporación de las tecnologías 4.0**, aunque la mayoría de ellas se reduce a la difusión y acceso a las TICs. Por el momento, son muy pocos los países que han redefinido sus políticas industriales en base a este escenario.

Alemania fue un país pionero en visualizar el impacto de la digitalización y en delinear una estrategia de largo plazo para aprovechar las oportunidades ligadas a las tecnologías 4.0 y fortalecer la competitividad de su industria. En Latinoamérica, el gobierno mexicano esbozó en 2016 un mapa de ruta¹¹² para encaminar el proceso de digitalización de su industria, siendo el primer país en Latinoamérica que estableció una estrategia en este sentido.

A continuación, se analizan los casos de política pública de Alemania y México.

¹¹² ProMéxico, viene realizando diversos “mapas de ruta tecnológicos” desde el año 2010. Esta metodología consiste en un proceso colaborativo diseñado para impulsar a la industria, a su cadena de suministro, la academia, grupos de investigación y al gobierno a que se reúnan, identifiquen y prioricen cuáles son las tendencias y tecnologías necesarias para soportar las decisiones de investigación y desarrollo, el marketing y las inversiones en el país. Otros mapas de ruta abordan los siguientes sectores: Agroalimentos; Energías y Tecnologías ambientales; Industrias del diseño; Salud; Tecnologías de la Información y la Comunicación; Internet de las cosas; Industrias Creativas y del Conocimiento; Transporte y manufactura pesada.

LA FÓRMULA ALEMANA COMO PIONERA

En Alemania, alrededor de 15 millones de empleos están directa o indirectamente vinculados a la producción de bienes, es decir, a la industria manufacturera¹¹³. **La digitalización de la producción y la adopción de nuevas tecnologías son visualizadas por el gobierno alemán como grandes oportunidades** para impulsar la productividad, la competitividad internacional y generar más y mejores condiciones de empleo. Por tratarse de un país líder en la fabricación de equipos industriales a nivel global, tecnologías puntuales como la Internet de las cosas (IoT) y los Sistemas Ciberfísicos (CPS) despertaron rápidamente el interés de todos los actores del ecosistema local. A diferencia de las economías liberales anglosajonas o de los nacionalismos asiáticos, **la política alemana no se enfoca sólo en los recursos estatales, sino que sistemáticamente involucra a los actores corporativos y de la sociedad civil**. Es por ello que, para parte de la literatura, el caso alemán se interpreta como una suerte de revitalización del capitalismo cooperativo del “Rin” en la era de la digitalización (Wolfgang Schoeder, 2016)¹¹⁴. Además, en comparación con las políticas implementadas por otros países para fomentar la adopción de nuevas tecnologías, la versión alemana, llamada *Industrie 4.0*, pone gran **énfasis en la promoción y adopción de IoT y CPS en los procesos industriales**, pero muy poco en el desarrollo habilidades digitales.

El término “Industria 4.0” que hemos abordado a lo largo de este documento, fue acuñado por un grupo multidisciplinario de especialistas, contratados por el gobierno alemán, para diseñar uno de los diez proyectos de política pública que integran el Plan de Acción “Estrategia 2020 de Alta Tecnología”¹¹⁵, un proyecto que fue presentado públicamente en la feria de Hanover en el año 2012.

La iniciativa alemana “Industrie 4.0.” fue pionera en resaltar la importancia estratégica de la adopción de las nuevas tecnologías en la industria y se convirtió en una importante **política pública de referencia** para otros países. Un estudio comparativo sobre 18 países que implementaron políticas específicas en el marco de la Cuarta Revolución Industrial concluye que todas las medidas que fueron analizadas mencionan o se basan en la experiencia alemana “Industrie 4.0”¹¹⁶.

A través de esta política se busca incrementar la productividad y la eficiencia para consolidar el liderazgo tecnológico de la industria alemana, fundamentalmente en el área de **ingeniería mecánica**. Su objetivo es lograr la digitalización

113 Germany: Industrie 4.0. Digital Transformation Monitor. European Union. Disponible en: https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/sites/default/files/DTM_Industrie%204.0.pdf

114 Schroeder, W. (2016). Germany's Industry 4.0. strategy. Rhine capitalism in the age of digitalisation. London: FES. Disponible en: http://www.fes-london.org/fileadmin/user_upload/publications/files/FES-London_Schroeder_Germanys-Industrie-40-Strategy.pdf

115 El gobierno alemán lanzó su “Hig tech 2020 strategy” en 2006, para coordinar acciones de investigación e innovación con el objetivo de preservar la competitividad y para impulsar el avance tecnológico innovación.

116 Liaoa, Y.; Rocha Louresa, E.; Deschamps, F.; Brezinskia, G. y Venâncio, A. (2018). The impact of the fourth industrial revolution: across-country/region comparison. Production, 28. Disponible en : <http://www.scielo.br/pdf/prod/v28/0103-6513-prod-28-e20180061.pdf>

de todas las actividades de la industria, generando una mayor interconexión de productos, cadenas de valor y modelos de negocios. También se propone promover la investigación en tecnologías con impacto en la industria y la creación de redes de socios y consorcios para la **estandarización de las normas** que atañen al sector.

En el diseño y la implementación de “Industrie 4.0” intervienen el Ministerio de Educación e Investigación (BMBF) y el Ministerio de Asuntos Económicos y Energía (BMWi), que han invertido conjuntamente 200 millones de euros en su financiación. Los primeros esfuerzos estuvieron orientados a solventar actividades I+D+i y la transferencia tecnológica porque se buscaba satisfacer un doble objetivo: posicionar a la industria alemana como un mercado líder en la adopción de nuevas tecnologías y, al mismo tiempo, ser un oferente líder en este mercado, fundamentalmente en relación con IoT y los Sistemas Ciberfísicos. Luego, en el año 2015, esta política ganó institucionalidad con el lanzamiento y puesta en marcha de la plataforma Industrie 4.0.

El objetivo de la plataforma “Industrie 4.0” es consolidar el liderazgo de la industria manufacturera alemana a nivel mundial. Promueve el cambio estructural de las empresas hacia la digitalización y la fabricación inteligente, y contribuye en la generación del marco institucional y del ecosistema necesario para que dicha transformación se produzca. La plataforma tiene un rol fundamental en la **construcción conceptual del cambio tecnológico** que se propone lograr en producción manufacturera; promueve acciones específicas y difunde ejemplos concretos de empresas que se han digitalizado exitosamente. Busca que todo el ecosistema productivo pueda entender y apropiarse de los beneficios de productividad y eficiencia que implica la digitalización. En este marco, se ocupa de generar los espacios para el **diálogo entre las empresas, los sindicatos, las instituciones científico-tecnológicas y el Gobierno.**

La “Plattform Industrie 4.0” cuenta con el patrocinio de legisladores, representantes de empresas, instituciones académicas, asociaciones y sindicatos. Más de 300 partes interesadas de 159 organizaciones participan activamente en los órganos y grupos de trabajo.

Dispone de **cinco grupos de trabajo** que desarrollan conceptos y recomendaciones que se publican en la biblioteca en línea de la plataforma, y están dirigidas a las empresas y los formuladores de políticas. Los grupos se organizan en los siguientes campos temáticos:

| **Grupo 1: Arquitectura de referencia, estándares y normas.** Desarrolló un modelo que ilustra las bases para la interacción entre los componentes de “Industrie 4.0”. A partir de este modelo, se pueden derivar reglas para la interacción entre maquinaria, sensores y productos. Actores clave de este grupo fundaron el “Standardization Council 4.0”, que busca desarrollar estándares para la producción digital y su coordinación a nivel nacional e internacional.

| **Grupo 2: Investigación e innovación.** Elaboró una agenda que identifica y clasifica los temas sobre los cuales las empresas deberían concentrar sus investigaciones. También recomienda qué actividades de investigación debería financiar el Estado.

| **Grupo 3: Seguridad de sistemas en red.** Generó una “Directriz sobre seguridad de las Tecnologías de la Información (IT)” que ayuda a las empresas, particularmente a las PyMEs, a implementar procesos de fabricación digitalizados de forma segura.

| **Grupo 4: Marcos Legales.** Asiste a los legisladores señalando los vacíos normativos y los marcos necesarios para la difusión de algunas tecnologías, la reglamentación de nuevas actividades y formas de vinculación entre los actores del ecosistema “Industrie 4.0”.

| **Grupo 5: Trabajo, educación y capacitación.** Analiza las nuevas habilidades que los empleados deben desarrollar en la era de la digitalización y señala los cambios necesarios en el sistema educativo.

Además, la plataforma trabaja en la **generación de espacios y alianzas nacionales e internacionales** para el diálogo. Por un lado, forma parte del diálogo que tiene lugar entre las iniciativas del Gobierno Federal y los Länder (los seis estados que conforman la República). Por otro lado, busca activamente impulsar el debate internacional sobre los temas de normalización; trabaja con Industrial Consortium (Estados Unidos), Alliance Industrie du Futur (Francia) y Robot Revolution Initiative (Japón). Alemania también firmó un memorando de entendimiento y adoptó un plan de acción conjunto con China, y mantiene un diálogo regular con la Unión Europea y los países del G20. Actualmente está trabajando con sus socios internacionales para elaborar un resumen en línea de las aplicaciones de Industrie 4.0 en todo el mundo.

Los miembros de la plataforma sensibilizan, alientan y ayudan para que las PyMEs logren poner en práctica las aplicaciones de Industrie 4.0. Para ello se organizan **eventos de sensibilización y capacitación destinados a los actores relevantes de cada sector**. En ese marco, se abordan distintos temas, como seguridad informática, implicaciones legales, avances en la estandarización, transferencia de innovación y muchas otras. También hay centros distribuidos a lo largo del país para que las empresas puedan acercarse al más cercano, interiorizarse, probar nuevos avances tecnológicos o intercambiar opiniones con especialistas sobre las tecnologías que podrían incorporar en su producción.

Una herramienta muy explotada por “Plattform Industrie 4.0” es su sitio web, donde se ofrece un mapa en línea que muestra alrededor de 250 ejemplos de aplicaciones de distintas tecnologías en empresas. Se busca que estos ejemplos sirvan como **fuentes de inspiración para las empresas, espe-**

cialmente para las PyMEs. Una aplicación interesante es una “**brújula Industrie 4.0**” que ayuda a que las compañías encuentren el camino hacia el servicio tecnológico que necesitan para implementar alguna de las soluciones de la industria 4.0. El mapa ofrece también información para localizar centros de servicios, cámaras empresariales y otras instituciones del sistema científico tecnológico.

Entre los servicios que ofrece “Plattform Industrie 4.0” para las PyMEs se destaca el acceso a **una red de laboratorios donde las empresas pueden realizar pruebas de sus desarrollos antes de incurrir en grandes inversiones.** Los incentivos fiscales (reducción de impuestos) y el financiamiento para las empresas que buscan evolucionar hacia una industria 4.0 se enfocan en la promoción de las actividades de I+D+i. La plataforma orienta el capital de riesgo, el financiamiento de la banca pública (KfW Bankengruppe) y otros instrumentos al apalancamiento de inversiones y actividades que persigan la innovación.

En relación con el impacto de Industrie 4.0, Boston Consulting Group estima beneficios de productividad en torno de 90 y 150 millones de euros para los próximos cinco a diez años¹¹⁷, siendo los principales motores de este impulso el surgimiento de nuevas formas de agregación de valor, fundamentalmente relacionadas con el cambio en los modelos de negocio de las empresas. Debe mencionarse que, aunque la iniciativa es relativamente nueva, se han logrado grandes avances en materia transferencia tecnológica; tanto en el acceso a los laboratorios de prueba como en el desarrollo de la arquitectura de referencia.

Gráfico 9.

Productos y participantes.



Fuente: Digital Transformation Monitor. Germany: Industrie 4.0 / January 2017

117 Industry 4.0: the future of productivity and growth in manufacturing industries. (2015). Boston Consulting Group.

MANUFAC-TIC: EL CLÚSTER DE LA ECUACIÓN MEXICANA

La economía mexicana, que exporta más de 1.000 millones de dólares por día¹¹⁸, cuenta con una de las industrias manufactureras más competitivas del mundo. Según el ranking de competitividad de la industria manufacturera del año 2016 elaborado por Deloitte, México ocupa el puesto N°8 a nivel global¹¹⁹. Cabe destacar que el 50% de las exportaciones mexicanas son de productos manufacturados, y gran parte de éstos, son de alta complejidad tecnológica¹²⁰. De hecho, aunque más del 80% de las exportaciones de alta tecnología en América Latina se producen en México, el país no es reconocido como un líder en innovación. La oferta de mano de obra calificada y barata junto con la existencia de acuerdos de libre comercio con otras naciones y bloques comerciales del mundo son algunos de los aspectos que explican **las ventajas competitivas de México para atraer a empresas y capitales** de todas partes del mundo.

El **“Mapa de Ruta Industria 4.0” surge de un proceso colaborativo** entre el gobierno, la industria y la academia, que **define un punto de partida, una visión de futuro y una estrategia** para la transformación digital de la industria. Esta iniciativa fue dirigida por la Secretaría de Economía de la Nación en colaboración con la Asociación Mexicana de la Industria de Tecnologías de Información (AMITI). Sobre la base de los sectores definidos como estratégicos (automotriz, aeroespacial, químico), el mapa **analiza las capacidades locales existentes de I+D+i (recursos humanos e infraestructura), e identifica tecnologías** (impresión 3D, computación en la nube, robótica, modelación y simulación, sistemas de integración y análisis de grandes datos) para impulsar la evolución de la matriz productiva hacia una industria 4.0. Como resultado de este proceso se lograron acuerdos entre los principales actores del ecosistema productivo y de innovación y, se pudieron identificar **hitos, actividades y principales proyectos** para el período 2016-2030.

A continuación, se describen algunas de las principales características de este modelo:

• VISIÓN

La Cuarta Revolución Industrial es interpretada como una gran oportunidad para la industria mexicana porque permite la **convergencia** de dos sectores estratégicos y competitivos en el país: la industria manufacturera y las TICs.

La adopción de las nuevas tecnologías permite el cambio hacia **un modelo de ecosistema productivo interconectado**, con capacidad para innovar y agregar valor sobre las exportaciones.

118 Crafting the future: a roadmap for industry 4.0 in Mexico. (2016). México: México. Secretaría de Economía.
119 Según datos de Deloitte 2016, sólo es superada por China, Estados Unidos, Alemania, Japón, Corea, Reino Unido y Taiwan. Además, según las proyecciones de Deloitte, México podría ocupar hacia 2020 el lugar N°7 en el ranking de economías más industrializadas del mundo. En: Global manufacturing competitiveness index: report. (2016). London: Deloitte.

120 Crafting the future: a roadmap for industry 4.0 in Mexico. (2016). México: México. Secretaría de Economía.

• PUNTO DE PARTIDA

| Recursos Humanos con capacidad para gestionar tecnologías de la industria 4.0: Las externalidades producidas por una industria manufacturera que fabrica productos tecnológicos altamente sofisticados a niveles superiores al promedio de los países de la OCDE explica la presencia local de directores de fábricas, operadores e ingenieros, entre otros, con las habilidades potenciales para gestionar nuevas tecnologías y las mejores prácticas internacionales dirigidas a crear valor agregado.

| Los sectores más dinámicos de su industria son grandes adoptantes de TICs: de acuerdo con A.T. Kearney, México ocupó el segundo lugar en América Latina como destino de IED en proyectos de TICs, atrayendo el 23% de la inversión total de la región. Estas inversiones fueron dirigidas hacia los sectores automotriz, aeroespacial y químico.

| Capacidades TICs: México tiene 23 grupos de tecnología de la información en 27 estados, que abarcan 1.340 jugadores, y reportan conjuntamente una facturación acumulada de 2.100 millones de dólares. De acuerdo con el Ministerio de Economía, existen 30 parques tecnológicos especializados en Tecnologías de la Información y procesos de negocios, construidos a través de alianzas entre los sectores público y privado y la academia. Sin embargo, el vínculo entre la academia y la industria es relativamente débil; las investigaciones no logran resultados aplicables en la industria, el porcentaje de investigadores en las empresas es bajo y las actividades de transferencia tecnológica son contadas¹²¹.

| Modelos de Gestión: En la industria manufacturera conviven compañías multinacionales, altamente competitivas y productivas, y PyMEs de baja productividad. Se trata de grandes empresas tratando de evolucionar hacia sistemas productivos y modelos de negocios propios de la Industria 4.0 y una enorme comunidad PyME gestionada bajo la forma tradicional.

| Infraestructura para I+D+i: Existen importantes capacidades en I+D+i resultantes de distintas iniciativas privadas, públicas y mixtas. Algunas de las capacidades relevantes se detallan en la Tabla 2. Infraestructura y capacidades de I+D+i.

• ESTRATEGIA

La iniciativa del gobierno mexicano se organiza sobre tres pilares:

1 | Promover la creación de clústers sobre las capacidades territoriales existentes. Se busca incentivar la implementación de tecnologías 4.0 y de modelos de fabricación flexibles para que cada región del país logre especializarse en los ámbitos de la economía del conocimiento en los que pueda competir globalmente.

¹²¹ Ídem.

En este marco, México busca ser reconocido como una economía competitiva en robots colaborativos, sistemas integrados, modelado y simulación, y análisis de big data. Se identifican como modelos de referencia las iniciativas privadas de Continental Automotive y Volkswagen (Tabla 2) y el modelo de transferencia tecnológica y cooperación internacional desarrollado en México por el Instituto Fraunhofer de Alemania.

2 | Potenciar la aplicación de IoT para que México se convierta en un líder regional de soluciones digitales y análisis de big data, a fin de aumentar la complejidad de las exportaciones. En este sentido, una de las metas es que, hacia 2025, el mercado mexicano de IoT alcance los 8.000 millones de dólares. Para conseguir este objetivo se identifican las siguientes acciones: a. desarrollar infraestructura (computación en la nube, big data, telecomunicaciones, etc.); b. configurar una red de *living labs* y *maker spaces* como Fab Labs y Tech Shops; c. promover la incubación de empresas centradas en proyectos de IoT y, d. promover el diálogo entre la academia y la industria para mejorar el plan de estudios de ingenieros y técnicos de acuerdo con las necesidades de la industria. Otra meta es que, hacia 2030, México se posicione entre los diez primeros países de mayor complejidad económica. Las acciones propuestas para lograr esta meta son: coordinación institucional por parte del Instituto Nacional de Industria (entidad público-privada); colaboración a través de una Red de Innovación para la Industria 4.0; alineación de objetivos con la Estrategia Digital Nacional; y vinculación de oferta y demanda de soluciones 4.0 mediante plataformas abiertas *Business-to-Business* (B2B).

3 | Consolidar a México como líder regional en la oferta de recursos humanos calificados para gestionar la producción y la generación de negocios en el contexto de la Revolución 4.0. El mapa propone profundizar los esfuerzos en esta dirección a través de las siguientes acciones: a. fortalecer la formación de talentos especializados y habilidades de los emprendedores y, b. diseñar un programa de educación en Internet de las cosas y big data en regiones estratégicas (Guadalajara, Monterrey, Querétaro, Ciudad de México y Puebla). En esa línea, a fines de 2016, se anunció una inversión de 50 millones de pesos mexicanos para la creación del Centro de Innovación, Desarrollo Tecnológico y Aplicaciones en IoT (CIIOT) en Guadalajara. El CIIOT comenzará a funcionar hacia finales de 2018 mediante la asociación entre la academia, centros de investigación y la iniciativa privada. Se espera que también contribuya a la creación de un clúster de IoT. El desarrollo y operación del centro estará a cargo del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey en Guadalajara, el Instituto Tecnológico Superior de Zapopan y el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV, Guadalajara), en cuyas instalaciones también habrá una sede del CIIOT.

Gráfico 10.
Infraestructura y capacidades de I+D+i

TIPO DE INICIATIVA	NOMBRE	UBICACIÓN	ORIENTACIÓN TECNOLÓGICA / APLICACIONES	CARACTERÍSTICAS
PRIVADA	Guadalajara	Guadalajara	Inteligencia artificial, big data/ Analytics, Cloud Computing	1,200 empleados con licenciatura en ingeniería y algunas especializaciones, quienes se encargan de dar una orientación en investigación, validación y manufactura a estudiantes y PYMES
	municipio de Tlajomulco de Zuñiga, Jalisco	municipio de Tlajomulco de Zuñiga, Jalisco	Tableros de Instrumento para vehículos automotores y comerciales; Conectividad, interacción; Entretenimiento (infotainment); Controladores de freno anti-bloqueo (ABS); Controladores de Air bag y de motores de combustión; Sistemas de control de acceso y confort (control remoto, entrada y arranque)	Emplea a 1000 ingenieros. La construcción abarca una extensión de 31,497 metros cuadrados. Es uno de los principales centros de innovación de la industria automotriz a nivel mundial. Aporta, en promedio, 180 innovaciones anuales al sector automotriz y desarrolla 350 proyectos. Forma parte de los tres centros de desarrollo más importantes de la empresa alrededor del mundo, brindando soporte a siete unidades de negocio de Continental.
	Ciudad de México	Ciudad de México	Diseño de equipo de prueba, diseño de ingeniería electrónica, diseño de ingeniería mecánica, desarrollo de <i>software</i> embebido, apoyo a manufactura y validación de productos.	Presta servicios a clientes en materia de servicios aeroespaciales, y ofrece soluciones tecnológicas como equipos turbo cargadores para vehículos comerciales y de pasajeros, sensores y soluciones de productividad, así como tecnologías para industrias de procesos y materiales de alto desempeño. Emplea a 200 personas.
PÚBLICA	Guanajuato	Guanajuato	Robótica en términos de planificación de movimientos y percepción para robótica móvil, condiciones de movimiento factibles para robots móviles en entornos externos y control visual de robots. Análisis de datos multidimensionales y reconocimiento de patrones. Modelado estadístico; exploración, predicción y clasificación de big data; aprendizaje automático, transmisión de información, bases de datos y extracción de datos, y reconocimiento de patrones.	Este laboratorio es integra la red de centros de CONACYT. Busca crear un ecosistema experimental y productivo de innovación que consiste en infraestructura de hardware y <i>software</i> , en donde las universidades, centros de investigación, ciudades, empresas y otras organizaciones pueden experimentar con el uso de tecnologías relacionadas con Internet del futuro: IoT, big data y computación en la nube. Es una organización que forma parte de los centros especializados de CONACYT en fabricación avanzada con cobertura nacional a través de sus sedes en 8 estados y más de 3.600 proyectos vinculados, brindando más de 44,000 servicios tecnológicos para 3,400 clientes. Sus áreas de especialización son: informática, electrónica y control, sistemas de medición, sistemas mecánicos, ingeniería y desarrollo de plantas, ingeniería virtual y fabricación, plásticos y materiales avanzados.
	Aguas Calientes	Aguas Calientes	Internet de las cosas (red de objetos interconectados por internet), big data (manipulación de grandes conjuntos de datos) y cómputo en la nube (servicios ofrecidos a través de internet)	Ofrece infraestructura de hardware y <i>software</i> para que los actores del ecosistema de innovación y productivo puedan experimentar libremente con todas las posibilidades asociadas a internet del futuro, mediante acceso a infraestructura de cómputo de alto rendimiento y <i>software</i> de la plataforma de código abierto FIWARE.
MIXTO	Complejo Interinstitucional de Formación e Innovación para la Industria Automotriz (CIFIIA)	Puebla	Investigación aplicada, desarrollo tecnológico, innovación y emprendimiento (I+D+i+e) para el sector automotriz y los sectores relacionados.	Participan grupo VOLKSWAGEN/ AUDI, la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, y el Gobierno de Puebla. Busca el desarrollo de recursos humanos en áreas de ingeniería y tecnología relacionadas con la industria automotriz. Complejo de 60 hectareas, donde estudiantes y académicos participan en programas de movilidad con otras instituciones educativas y empresas, nacionales e internacionales, lo que permitirá atraer talentos del país y, a largo plazo, del extranjero. Consta de centro escolar, bachillerato, universidad tecnológica bilingüe y el campus de Ingenierías de la BUAP.

CONCLUSIONES



OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL PARA ARGENTINA
Y LA REGIÓN · NUEVOS ACTORES DE LA INDUSTRIA 4.0 · ESTADO, POLÍTICAS
PÚBLICAS E INSTRUMENTOS PARA LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

La Cuarta Revolución es la fase de la digitalización del sector manufacturero y está impulsada por el sorprendente aumento de los volúmenes de datos, la potencia en los sistemas computacionales y la conectividad. A diferencia de las revoluciones anteriores, **la Revolución 4.0 se caracteriza por la convivencia de una gran variedad de tecnologías, que borran los límites entre lo físico, lo digital y lo biológico**, generando una fusión entre estos tres planos. Se trata de sistemas ciberfísicos que operan en forma de redes más complejas y que se construyen sobre la infraestructura de la revolución digital anterior (Klaus Schwab, 2016). La fábrica inteligente sintetiza estas transformaciones logrando un alto nivel de automatización, de integración vertical y horizontal en su cadena de valor y de flexibilidad en la producción. La toma de decisiones es descentralizada, ejecutada por esos sistemas ciberfísicos y asistida por modelos predictivos que permiten anticipar faltantes de insumos, necesidad de cambio de repuestos, mantenimiento de los equipos y detección de fallas, entre otros factores. Sin embargo, la mayoría de las empresas en transición hacia el ideal que supone la Industria 4.0 desempeñan sus actividades con altos niveles de incertidumbre.

La digitalización y la conexión en tiempo real desafían a las firmas mediante la eliminación de las tradicionales barreras de entrada a los mercados permitiendo la **irrupción de nuevos jugadores y competidores**. Al mismo tiempo, **expanden los límites del mercado acortando el camino entre la oferta y la demanda** mediante plataformas colaborativas y de *e-commerce*. Eliminan intermediarios y eficientizan el sistema de logística y transporte. Empujan hacia la relocalización de distintas etapas del proceso de producción en nuevos territorios, generalmente en las proximidades de los principales centros de consumo. Permiten captar información sobre los clientes (necesidades y gustos) y competidores a través tecnologías como IoT, redes sociales, plataformas web, y sistemas de video, entre otras. Es decir, en el contexto de la Revolución 4.0 las empresas se ven desafiadas a enfrentar una competencia creciente y cambiante y a tomar decisiones sobre una enorme cantidad de datos que muchas veces no tienen capacidad de interpretar. Por lo tanto, **para muchas empresas, el camino hacia una Industria 4.0 no se presenta como una opción sino como una estrategia de supervivencia**. Se ha mostrado que, a nivel global, la posibilidad real de adopción de nuevas tecnologías y modelos de negocios se ve limitada principalmente por la capacidad de las personas para gestionar adecuadamente el negocio y la producción en el nuevo contexto, y por factores culturales propios de las organizaciones como la resistencia al cambio. Al mismo tiempo, las habilidades de los trabajadores y las tecnologías digitales son complementarias en el proceso de producción. Por lo tanto, **en la transición hacia la Industria 4.0, es crucial la inversión en el desarrollo de nuevas habilidades de los trabajadores que permitan hacer frente a las oportunidades y desafíos de la digitalización**.

Sobre estos condicionantes, **en Argentina se agrega la falta de financiamiento de la inversión y la incertidumbre** respecto a las condiciones macroeconómicas, lo que dificulta anticipar el impacto de la inversión sobre los resultados de la empresa. En la Argentina la evolución hacia la Industria 4.0 forma parte de los temas de discusión de la alta gerencia de las empresas, pero sólo el 34% de las empresas tiene planeado incorporar todas las tecnologías que propone

este modelo en los próximos cinco años (en Alemania y Francia ese porcentaje supera al 70%). Entre las principales limitantes para la implementación de estas tecnologías en la Argentina se destacan: la falta de personal capacitado (70% de respuestas), la incertidumbre respecto al impacto de estas inversiones en el beneficio de la empresa (65%) y la resistencia al cambio y a la innovación (64%).¹²²

El mercado laboral se presenta como **uno de los escenarios donde más claramente se expresan las tensiones de los cambios tecnológicos**. La aplicación de las distintas tecnologías que intervienen en los procesos de automatización de la producción y del comercio está redefiniendo el perfil del mercado laboral, no sólo en cuanto a la cantidad de los puestos de trabajo, sino también respecto a la calidad y características de los empleos que se generen en este nuevo escenario económico y tecnológico. La expansión de las capacidades cognitivas a las máquinas implica que no sólo el trabajo repetitivo y poco calificado corre riesgo de ser remplazado. Este tema despierta notablemente el interés de la academia, de los gobiernos y organismos internacionales. **Es posible que la automatización y la robotización generen pérdidas de puestos de trabajo, pero también se espera cierto desplazamiento del empleo entre diversos sectores y la generación de nuevos empleos**. La pregunta que aún no podemos responder es ¿en qué magnitud?

Según los datos de la encuesta realizada por la Alianza INTAL- Latinobarómetro, el 71% de los argentinos visualizan a la ciencia, la tecnología y la innovación como una amenaza para el empleo y el 76% considera que tecnologías como la Inteligencia Artificial y la Robótica eliminarán más puestos de trabajo que los que crearán. Al mismo tiempo, la incorporación de nuevas tecnologías a la organización productiva supone un **cambio en la demanda de los perfiles laborales** que estará más orientada hacia la ingeniería, el desarrollo de código, la informática, la electrónica y el análisis de datos, entre otros. **Serán muy valoradas también las habilidades como la resolución de problemas, el pensamiento crítico y la creatividad**. La velocidad del cambio tecnológico obliga a pensar en una actualización sistemática de las habilidades y capacidades de los trabajadores. El aprendizaje de adultos, al permitir transiciones más suaves de individuos entre ocupaciones y sectores o entre el empleo por cuenta propia y el empleo asalariado, puede representar una herramienta política fundamental para ayudar a las personas a cosechar los beneficios de la transformación digital y minimizar sus costos sociales.

Más allá de la empresa y del mundo del trabajo, la transformación digital plantea **desafíos en varios planos**:

| **A nivel tecnológico**, será cada vez más necesario que los diferentes sistemas operacionales puedan comunicarse entre sí e interactuar. Esto exige establecer normas y estándares internacionales para armonizar el diseño de las interfaces a nivel global o para que los *softwares* no sean paquetes cerrados que después no puedan reacomodarse a nuevas coyunturas. También se requiere perfeccionar los

¹²² Nieponice, G.; Rivera, R.; Tfeli, A. y Drewanz, J. (2018). Acelerando el desarrollo de la industria 4.0 en Argentina. Boston Consulting Group.

sistemas de análisis de datos y la Inteligencia Artificial para la toma de decisiones a fin de evitar caer en errores involuntarios. Además, en el siglo XXI los datos adquieren una importancia inusitada y exigen ser tratados como una nueva infraestructura para la producción, lo que genera desafíos en materia de ciberseguridad.

| **A nivel socioeconómico**, el mayor desafío es evitar la concentración. El avance tecnológico puede profundizar las desigualdades entre los países, las empresas y las personas, por lo cual la reasignación de recursos humanos y financieros serán esenciales no sólo para asegurar el acceso sino también para contribuir en la creación de un entorno que fomente el dinamismo de las empresas y las posibilidades genuinas de incorporar estas tecnologías. Esto implica promover el desarrollo de habilidades de las personas según las nuevas exigencias de la época, rediseñar y reorientar las capacitaciones de los trabajadores (que están siendo dirigidas al segmento mejor posicionado) e, incluso, *aggiornar* el sistema educativo y los métodos de enseñanza. La transformación digital nos desafía a monitorear el impacto sobre el empleo y los grupos vulnerables, poniendo especial atención en la brecha de acceso e ingresos entre hombres y mujeres.

| **A nivel regulatorio**, el desafío es lograr una nueva gobernanza con normas e instituciones ágiles que acompañen las transformaciones en todas sus dimensiones, garanticen el acceso a las nuevas tecnologías, promuevan el libre flujo de datos entre países sin comprometer la privacidad de los ciudadanos, regulen las nuevas formas de ocupación y los nuevos mercados (criptomonedas, economía colaborativa, plataformas de *streaming*) y, que permitan abordar los delitos y conflictos tradicionales en sus nuevas manifestaciones (ciberataques, cibercrímenes, etc.).

| **Los países emergentes se ven particularmente desafiados por la Revolución 4.0.** La erosión de las ventajas competitivas basadas en los menores costos de la mano de obra y la reorientación del comercio internacional hacia bienes y servicios más complejos tecnológicamente, pueden impactar negativamente sobre la actividad económica y el empleo local. Los países emergentes deben encontrar nuevas formas de inserción en el comercio internacional y en cadenas globales de valor cada vez más flexibles y conectadas. Por lo tanto, a fin de evitar la profundización de la brecha que los separa de los países desarrollados, los países emergentes se ven desafiados a promover con urgencia la penetración y adopción de tecnologías 4.0 y la transformación digital en sus ecosistemas productivos. Al mismo tiempo, deben accionar políticas para fortalecer los ecosistemas locales de innovación y promover el surgimiento de nuevos actores y nuevos mercados. Utilizar el mercado interno como la materia prima para posteriormente acceder a los mercados internacionales.

Las opiniones de distintos especialistas sobre las implicancias y los desafíos de la Cuarta Revolución Industrial son clave para profundizar el análisis y echar luz sobre el camino que estamos transitando.

La transformación digital representa **un desafío adicional para la Argentina**

sobre los objetivos (aún incumplidos) de lograr una especialización productiva más compleja, con mayor agregación de valor, que permita crear trabajo de calidad, inclusión social y desarrollo económico sostenido. Como punto de partida, se alerta que el proceso de transformación digital se está transitando a velocidades muy distintas, donde los sectores más competitivos y exportadores de la economía nacional muestran una mayor adopción de las nuevas tecnologías, lo que aumenta la brecha de productividades respecto a los sectores no transables.

Sin embargo, la Revolución 4.0 es visualizada como una oportunidad para que la industria recupere su liderazgo como motor del desarrollo. Para ello, es necesario **formular una nueva síntesis entre los tres pilares de la estructura económica nacional: los recursos naturales, la capacidad del sector industrial y las capacidades del sistema científico tecnológico**.

Argentina no sólo tiene oportunidades de convertirse en usuario de nuevas tecnologías, también puede posicionarse como un desarrollador/productor de soluciones tecnológicas en la era de la digitalización. El logro de ese doble rol es identificado como condición necesaria para **que Argentina pueda crear empleos de calidad y escapar de la competitividad basada en precios y atada a costos**. En este sentido, se identifica el enorme potencial de la biotecnología para transformar la industria, incluso a los sectores más competitivos y para potenciar los procesos de innovación. Sin embargo, para incentivar la inversión es necesario un entorno macroeconómico estable, que limite la volatilidad y reduzca la incertidumbre; una tasa de inflación previsible y baja, cuentas públicas y externas dentro de trayectorias sostenibles. Estas condiciones macroeconómicas son básicas para que la transformación digital haga su despliegue en el entramado productivo del país.

Orientar el financiamiento crediticio hacia el segmento de las PyMEs industriales es otra de las claves para evitar la profundización de la tendencia global de concentración del progreso tecnológico en pocas empresas de gran tamaño. En particular, en el caso de la robótica, se ha mostrado que su adopción exige importantes niveles de inversión y habilidades, lo que limita el acceso por parte de las empresas medianas y chicas.

La sociedad argentina es consciente de las fricciones que puede traer aparejada la Revolución 4.0, particularmente en lo que refiere al tema del empleo, pero al mismo tiempo, en relación con el resto de la región, se muestra más abierta a esta nueva revolución. **Argentina tiene indicadores positivos** vinculados a penetración de Internet, inversión en ciencia y tecnología, número de patentes y *e-commerce* en comparación con otros países de Latinoamérica. Sobre esta base, puede aprovechar su posición relativa para reconvertir su matriz productiva en una industria 4.0.

A nivel regional, en base a los resultados de un estudio reciente realizado en

Brasil, se observa que **hay oportunidades para que las empresas avancen**, e incluso, salten posiciones competitivas a partir del uso intensivo y eficiente de tecnologías digitales avanzadas. En particular, se destaca el rol de los líderes corporativos en la visualización de las oportunidades ligadas a la innovación y establecimiento de nuevos modelos de negocios para explorar nuevas fuentes de competitividad y posicionarse de modo proactivo en los mercados.

Los estudios de casos de empresas, sectores de la industria y políticas públicas, permiten ejemplificar cómo los conceptos desarrollados se articulan en el mundo real.

A nivel nacional, se seleccionaron **dos empresas que están transitando una verdadera transformación digital: Tenaris que produce tubos para la industria de producción de gas y petróleo, y Sinteplast, que produce pinturas decorativas e industriales**. Ambas compañías logran un importante nivel aprovechamiento de las tecnologías de la industria 4.0, implementan modelos de negocios orientados al cliente y logran innovaciones exitosas conseguidas a partir de estrategias colaborativas. Tenaris ejemplifica la dinámica del intercambio de información y colaboración en sentido vertical dentro de una cadena de valor (integración proveedor-cliente), mientras que Sinteplast ejemplifica la dinámica del intercambio de información y colaboración en sentido horizontal (integración de la empresa con otras firmas líderes de fabricación de pinturas).

A nivel sectorial, el análisis se centró en las transformaciones de la industria automotriz. Esta industria, con más de 100 años de existencia, fue y sigue siendo una de las pioneras en la incorporación de nuevas tecnologías: desde la producción en serie basada en la línea de montaje fordista característica de la segunda revolución industrial, pasando -en los años setenta- por la incorporación de los primeros robots en el proceso de producción, hasta la reciente adopción de tecnologías 4.0 y de nuevos modelos de negocio. En la actualidad, el uso de tecnologías como Internet de las cosas, plataformas web y móviles, impresión 3D y robótica permiten optimizar los procesos de diseño y producción y establecer modelos de negocios centrados en el cliente, ofreciendo autos personalizados y conectados. **Los fabricantes de automóviles enfrentan el desafío de competir o establecer estrategias de cooperación con nuevos jugadores** (como son los proveedores de telemática, contenido o big data), con empresas de telecomunicaciones y con aseguradoras, entre otras compañías. Es decir, las tecnologías 4.0 brindan la oportunidad a las empresas automotrices de convertirse en “proveedoras de servicios de movilidad” dejando atrás el modelo de negocio 3.0 que las definía como “proveedoras de productos”. Hacia el futuro, se espera que las mayores transformaciones del sector se basen en la aplicación de modelos de negocios centrados en el acceso (ya no en la posesión) y en la mayor penetración de tecnologías altamente disruptivas como el aprendizaje automático y el análisis de big data, lo que podría llevar a nuevas experiencias de conducción, y seguramente, a la conducción autónoma.

Dos casos puntuales de políticas públicas de promoción de la industria 4.0 pueden contribuir a ejemplificar la complejidad de esta revolución y a reflejar que tanto los países más desarrollados como los emergentes, incorporan este tema en su agenda para promoverlo. A diferencia de las economías liberales anglosajonas y de los nacionalismos asiáticos, **la política alemana no se enfoca sólo en los recursos estatales, sino que sistemáticamente involucra a los actores corporativos y a la sociedad civil.** La estrategia es institucionalizada a través de una plataforma denominada “Plattform Industrie 4.0”. La misma está conformada por todos los actores del ecosistema productivo (desde asociaciones comerciales y ministerios hasta sindicatos y académicos). Esta plataforma busca sensibilizar a las empresas sobre las tecnologías de la industria 4.0, garantizar el acceso a los centros de servicios donde puedan probar desarrollos digitales innovadores, generar los protocolos para la estandarización de las interfaces y difundir los casos de éxito para que la digitalización alcance a las empresas de todos los sectores y tamaños.

El caso mexicano interesa particularmente, por tratarse del primer país de la región que se dio una estrategia para encaminar la evolución de su industria hacia una industria 4.0. La estrategia se esboza como un “Mapa de Ruta”; es decir, establece grandes lineamientos para el desarrollo futuro de políticas específicas. Este mapa de ruta se basa en **tres pilares: la creación clústers de manufacturas sobre la base de capacidades existentes en los distintos territorios del país; el agregado de valor en la producción mediante IoT; consolidación del liderazgo mexicano en la oferta de recursos humanos altamente calificados** para gestionar la producción y negocios para la industria 4.0.

En síntesis, las transformaciones que supone esta **nueva revolución** impactan sobre todas las dimensiones de la organización económica y social. Se modifica aceleradamente la forma en que trabajamos, socializamos, nos comunicamos, pensamos y sentimos. Argentina, al igual que otros países emergentes, enfrenta enormes desafíos. En términos de políticas públicas, un reto adicional y poco abordado en general por los países, se relaciona con la necesidad de contribuir con el desarrollo de capacidades de las empresas para gestionar las nuevas demandas y el nuevo escenario. Es decir, contribuir no sólo facilitando el acceso de las nuevas tecnologías, sino con el cambio en la cultura de la empresa, para que permita gestionar la producción y el negocio bajo las nuevas condiciones. Se trata de **una transformación con múltiples acciones:** desarrollar habilidades de gestión y de recursos humanos más calificados; lograr una producción flexible y con tecnologías avanzadas; obtener una integración en tiempo real con otros actores de la cadena de valor; generar productos con ciclos de vida más cortos y menores tiempos para el lanzamiento al mercado; satisfacer demandas muy específicas e inestables, y lograr una relación más cercana con los clientes. Todo esto exige además **un cambio cultural y filosófico que el Estado puede acompañar** a través de distintos instrumentos y políticas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



- Algortimolandia: Inteligencia Artificial para una integración predictiva e inclusiva de América Latina (2018). Integración y Comercio. 22(44). Buenos Aires: INTAL-BID.
- Arntz, M.; Gregory, T. y Zierahn, U. (2016). The risk of automation for jobs in OECD countries: a comparative analysis. Paris: OECD.
- Banco Mundial (2018). "Trouble in the making? The future of manufacturing-led development". Grupo del Banco Mundial.
- Basco, A. (2017). La tecno-integración de América Latina: instituciones, comercio exponencial y equidad en la era de los algoritmos. Buenos Aires: INTAL- BID.
- Basco, A. y Carballo, M. (2017). Compás millennial: la generación Y en la era de la integración 4.0. Buenos Aires: INTAL- BID.
- Berger, T. y Frey, C. (2017). Industrial renewal in the 21st century: evidence from US cities". Regional studies, 51(3), p. 404-413.
- Berger, T.; Chen, C. y Frey, C. (2017). Drivers of disruption? Estimating the Uber effect. Oxford: Oxford Martin School, University of Oxford.
- Bulchand J. y Melián S. (2018). La Revolución de la Economía Colaborativa. LID Editorial.
- Capgemini (2017). "Smart Factories: How Can Manufacturers Realize the Potential of Digital Industrial Revolution?" Capgemini Digital Transformation Institute.
- Citigroup (2016). "Technology at Work v2.0: The Future Is Not What It Used to Be." Citi GPS: Global Perspectives & Solutions. Informe conjunto con Oxford Martin School.
- Crafting the future: a roadmap for industry 4.0. in Mexico. (2016). México: México. Secretaría de Economía.
- Comin, D. y Mestieri, M. (2013). Technology diffusion: measurement, causes and consequences. Cambridge: National Bureau of Economic Research.
- Chelala, S. y Martínez-Zarzoso, I. (2017). ¿Sesgo anti-innovación?: el impacto tecnológico de los acuerdos comerciales. Integración y Comercio, 21(42), p. 144-157.
- De Backer et al. (2016). "Reshoring: Myth or Reality?" OECD Science, Technology, and Industry Policy Paper No. 27. OCDE.
- Durach, C.; Kurpjuweit, S. y Wagner, S. (2017) The impact of additive manufacturing on supply chains. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 47(10), p. 954-971.
- Enabling the next production revolution: the future of manufacturing and services-interim report: Meeting of the OECD Council at Ministerial Level Paris. (2016, 1-2 June). Paris: OECD.
- Entender el futuro del Trabajo (2017). Organización Internacional de Empleadores (OIE).
- Frey, C. (2017). ¿Trabajadores versus robots? Cómo ganar el duelo más importante del siglo XXI. Integración y Comercio 21(42), p. 26-34.
- Fressoli y Smith (2015). Impresión 3D y fabricación digital: ¿Una nueva revolución tecnológica? Integración y Comercio 19(39), Septiembre de 2015, p. 116-129, BID-INTAL.
- Fundación Telefónica (2016). Internet Industrial Máquinas inteligentes en un mundo de sensores.

- Germany: Industrie 4.0. Digital Transformation Monitor. European Union.
- Global manufacturing competitiveness index: report. (2016). London: Deloitte.
- Godschmidt, D. y Schmieder, J. (2017). The rise of domestic outsourcing and the evolution of the German wage structure. *The Quarterly Journal of Economics*, 132(3), p. 1165-1217.
- Hagel, J.; Seely Brown, J.; Kulasoorya, D.; Giffi, C. and Chen, M. (2015). *El futuro de la manufactura: fabricando cosas en un mundo cambiante*. Nueva York: Deloitte.
- Industry 4.0: the future of productivity and growth in manufacturing industries. (2015). Boston Consulting Group.
- Jobs lost, jobs gained: What the future of work will mean for jobs, skills, and wages. (2017) McKinsey Global Institute's.
- Kagermann, H.; Anderl, R.; Gausemeier, J.; Schuh, G. y Wahlster, W. (2016). *Industrie 4.0. in a global context: strategies for cooperating with international partners*. Munich: Herbert Utz Verlag.
- Katz, L. y Krueger, A. (2016). *The rise and nature of alternative work arrangements in the United States, 1995- 2015*. Cambridge: National Bureau of Economic Research.
- Kee y Tang (2015). "Domestic Value Added in Exports: Theory and Firm Evidence from China." Policy Research Working Paper 7491. Banco Mundial.
- Lendle y Olarreaga (2017). "Can Online Markets Make Trade More Inclusive?". ADBI Working Paper No. 742, Asian Development Bank Institute (ADBI).
- Liaoa, Y.; Rocha Louresa, E.; Deschamps, F.; Brezinskia, G. y Venâncio, A. (2018). The impact of the fourth industrial revolution: across-country/region comparison. *Production*, 28.
- MacKinsey (2015). "Why emerging-market companies acquire abroad"; y A.T. Kearney (2016). "The rise of Emerging Markets in Mergers and Acquisitions".
- Moretti, E. (2010). Local multipliers. *American Economic Review*, 100(2), p. 373-377.
- Molina Navarrete, Cristóbal. (2017). *Derecho y Trabajo en la era digital: ¿Revolución industrial 4.0? o ¿Economía sumergida 3.0?* Organización Internacional del Trabajo.
- Nieponice, G.; Rivera, R.; Tfelti, A. y Drewanz, J. (2018). *Acelerando el desarrollo de la industria 4.0. en Argentina*. Boston Consulting Group.
- Pacini, B. y Sartorio, L. (2017). ¿Des-localización o re-localización?: el caso de la industria automotriz. *Integración y Comercio*, 21(42), p. 126-139.
- Pernas (2017). *Impresión 3D y comercio*. Conexión INTAL, Septiembre de 2017, INTAL-BID.
- PWC, 2016 Global Industry 4.0 Survey: *Industry 4.0: Building the digital enterprise Industrial manufacturing key findings*.
- Rifkin, J. (1997). *El fin del trabajo: nuevas tecnologías contra puestos de trabajo: el nacimiento de una nueva era*. Paidós.
- Robotlución: el futuro del trabajo en la integración 4.0 de América Latina. (2017). *Integración y Comercio* 21(42). Buenos Aires: INTAL-BID.

- Salazar-Xirinachs, J. (2017). La metamorfosis del trabajo. Integración y Comercio, 21(42), p. 70-83.
- Schwab, Klaus. (2016, 14 January). The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond.
- Schroeder, W. (2016). Germany's Industry 4.0. strategy. Rhine capitalism in the age of digitalisation. London: FES.
- Securing the future of German manufacturing industry. (2016). German Trade and Investment.
- Smart manufacturing for the future. National Academy of Science and Engineering
- Sundararajan, A. (2017). Capitalismo colaborativo. Integración y Comercio, 21(42), p. 58-68.
- The future of jobs: employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution. (2016). Geneva: WEF.
- World Robotics 2017: industrial robots: executive summary. Frankfurt: International Federation of Robotics.

