

Plan de **Desarrollo Productivo**

Argentina **4.0**

Políticas para impulsar la adaptación de la Industria Nacional al Paradigma 4.0 y promover el desarrollo de Soluciones Tecnológicas 4.0 en el país.

Abril 2021



Ministerio de
Desarrollo Productivo
Argentina

Índice

1.	Introducción	04
2.	Caracterización del paradigma 4.0	05
	2.1. Tecnologías 4.0	06
	2.2. Paquetes tecnológicos 4.0	08
	2.3. Impacto en los modelos productivos	09
	2.4. Impacto en sectores económicos	12
3.	Diagnóstico para Argentina: nuestro punto de partida	15
	3.1. Comparación a nivel global	16
	3.2. Industria 4.0. Diagnóstico de condiciones para la adopción de soluciones 4.0.	19
	3.3. Industria 4.0. Diagnóstico de condiciones para el desarrollo de soluciones 4.0	22
4.	Plan de Desarrollo Productivo Argentina 4.0	25
	4.1. La experiencia internacional	25
	4.2. Objetivos del Plan de Desarrollo Productivo Argentina 4.0	27
	4.3. Funciones y áreas de intervención	29
	4.4. Presupuesto	30
	4.5. Metas e impacto esperado del Plan	30
	4.6. Las iniciativas	31
5.	Anexo: Iniciativas del Plan de Desarrollo Productivo Argentina 4.0	36

Autoridades

Presidente de la Nación

Dr. Alberto Fernández

Vicepresidenta de la Nación

Dra. Cristina Fernández de Kirchner

Jefe de Gabinete de Ministros

Lic. Santiago Cafiero

Ministro de Desarrollo Productivo

Dr. Matías Kulfas



Ministerio de
Desarrollo Productivo
Argentina

Índice

1.	Introducción	04
2.	Caracterización del paradigma 4.0	05
	2.1. Tecnologías 4.0	06
	2.2. Paquetes tecnológicos 4.0	08
	2.3. Impacto en los modelos productivos	09
	2.4. Impacto en sectores económicos	12
3.	Diagnóstico para Argentina: nuestro punto de partida	15
	3.1. Comparación a nivel global	16
	3.2. Industria 4.0. Diagnóstico de condiciones para la adopción de soluciones 4.0.	19
	3.3. Industria 4.0. Diagnóstico de condiciones para el desarrollo de soluciones 4.0	22
4.	Plan de Desarrollo Productivo Argentina 4.0	25
	4.1. La experiencia internacional	25
	4.2. Objetivos del Plan de Desarrollo Productivo Argentina 4.0	27
	4.3. Funciones y áreas de intervención	29
	4.4. Presupuesto	30
	4.5. Metas e impacto esperado del Plan	30
	4.6. Las iniciativas	31
5.	Anexo: Iniciativas del Plan de Desarrollo Productivo Argentina 4.0	36



1. Introducción

Este documento tiene como objetivo presentar la **estrategia de intervención política del Ministerio de Desarrollo Productivo en torno a las tecnologías vinculadas a lo que se denomina “Industria 4.0”**. A lo largo de 2020, se ha delineado, en conjunto con empresas, trabajadores, institutos del ámbito científico, tecnológico y universitario, otros organismos del Estado Nacional, estados subnacionales, organismos multilaterales y entes de terceros países, una serie de políticas que están enmarcadas en una estrategia integral que aquí se presenta.

La adaptación del entramado productivo argentino a la industria 4.0 y la promoción de la generación de oferta de soluciones a nivel local son políticas centrales del Ministerio de Desarrollo Productivo. Las **más de cincuenta intervenciones de política que se presentan en el documento** dan cuenta del amplio abanico de herramientas con las que cuenta el Ministerio. Estas intervenciones, de manera coordinada, conforman el **Plan de Desarrollo Productivo Argentina 4.0**. En particular, en este documento se detalla el presupuesto del Plan y los objetivos para 2021, aunque las iniciativas listadas y la estrategia tienen un carácter de largo plazo.

El documento se compone de cuatro secciones. Además de esta introducción, la segunda sección presenta una caracterización del paradigma 4.0. Dado que es un paradigma nuevo y que se encuentra en constante evolución, es necesario tener un diagnóstico permanentemente actualizado. Adicionalmente, se repasan los paquetes tecnológicos, su impacto en modelos y en sectores productivos.

La tercera sección comparte el diagnóstico realizado sobre el posicionamiento de Argentina de cara a este paradigma, lo que resulta necesario para la definición de las políticas. Esto incluye un *benchmarking* internacional, el análisis de fortalezas y debilidades y de la situación actual en materia de adopción y de generación de soluciones tecnológicas.

Por último, la cuarta sección presenta el Plan de Desarrollo Productivo Argentina 4.0. En el mismo se ordenan y listan las distintas intervenciones de políticas realizadas por las áreas y organismos dependientes del Ministerio de Desarrollo Productivo, con foco en 2021.



2. Caracterización del paradigma 4.0

El concepto “Cuarta Revolución Industrial” se ha instalado a nivel internacional desde que un grupo de especialistas, convocados por el gobierno alemán para elaborar un programa de mejora de la productividad en la industria manufacturera, lo presentó en la Feria de Hannover de 2011. A partir de allí, otro concepto, el de “Industria 4.0”, comenzó a generalizarse y a llamar la atención de Estados y empresas, que emprendieron acciones para impulsar y adecuarse a un proceso que habrá de reconfigurar las ventajas competitivas de las naciones y transformará estructuralmente a la “empresa industrial”.

El paradigma 4.0 modifica al conjunto de la cadena de valor y no sólo al segmento productor de bienes. Desde una PyME vendedora de zapatos que aprovecha plataformas colaborativas con clientes y proveedores, una plataforma de e-commerce que utiliza algoritmos de *machine learning* y *big data* para promocionar productos, hasta una autopartista que utiliza sensores en su planta para mejorar la productividad de los procesos, el conjunto de actividades se están viendo revolucionadas por la incursión de un **nuevo set de tecnologías, que transforman tanto los procesos de elaboración y las prestaciones de productos, como la gestión empresarial, las relaciones cliente-proveedor y, en un sentido más amplio, los modelos de negocios.** Las consecuencias de la aplicación de tecnologías 4.0 no se limitan a una mejora de procesos para aumentar la productividad, ya que modifican las interacciones dentro y fuera de la unidad productiva, revolucionando las relaciones entre trabajadores, entre clientes y proveedores, entre personas y máquinas. Como fruto de esas interacciones surgen nuevos productos: productos *on demand*, “customizados” (a medida), o incluso información que se recolecta del uso de un bien o servicio.

No todas las tecnologías son igual de útiles para todas las actividades. El impacto no sólo dependerá del sector productivo y el bien o servicio que se provea, sino también del modelo de negocio; del grado de automatización de procesos, de la customización de la producción y del nivel de interacción que se requiera con proveedores y clientes. **La aplicabilidad de muchas de las tecnologías y su velocidad de adopción será, como siempre, dependiente de la relación entre costos y beneficios,** dado que algunas de las tecnologías continúan demandando inversiones significativas y el retorno no siempre lo justifica. Cada empresa deberá evaluar cuál es el tipo de tecnología que más la beneficia, y para ello es útil identificar cuál es el objeto sobre el cual actúa.

La escala, el alcance y la complejidad de las transformaciones en curso plantean desafíos adicionales para los países en desarrollo, en particular para aquellos pocos que, como Argentina, cuentan con un entramado industrial con cierta densidad. **Los impactos sobre el mercado de trabajo, la seguridad geopolítica y los debates éticos que la difusión del paradigma 4.0 trae consigo constituyen desafíos ineludibles para los países en desarrollo**, que enfrentan al mismo tiempo el riesgo de convertirse en perdedores de la carrera tecnológica. **Las posibilidades que la época ofrece abren, a su vez, puertas para el reposicionamiento de economías emergentes, pero exigen planificación, creatividad y compromiso a Estados, empresas y sectores trabajadores.**

2.1. Tecnologías 4.0

Los pilares tecnológicos cuya interacción da lugar a esta nueva era son diversos. Se combinan algunos que tienen décadas con otros de difusión más reciente. Entre los más importantes para la Industria 4.0 se encuentran los sistemas de integración, los robots, la Internet de las cosas (IoT por su sigla en inglés), la manufactura aditiva, el Big Data, la computación en la nube, la simulación de entornos virtuales, la inteligencia artificial y la Ciberseguridad (Basco et al., 2018).

Los **sistemas tecnológicos integrados** se caracterizan por articular distintos subsistemas componiendo un gran sistema que permita conectarlos y potenciarlos para actuar de manera coordinada. En el ámbito de las tecnologías de la información, involucra enlazar distintos sistemas computacionales y aplicaciones de *software*. De esta manera, permiten articular las distintas áreas de una unidad productiva, conectando máquinas con máquinas, máquinas con productos, clientes con proveedores y logística, y posibilitando nuevas funciones para la gestión de la empresa (Basco et al., 2018).

La **Internet de las cosas (IoT)** refiere a la interconexión digital a través de redes inalámbricas de objetos que, gracias a sensores, PLC, y otras tecnologías, captan y generan información sobre su entorno, o sobre el funcionamiento de máquinas o procesos, y la transmiten de forma automática. La información obtenida permite la toma de decisiones en tiempo real y procesos automáticos entre los dispositivos conectados a la red. Los dispositivos IoT forman parte de sistemas de integración que procesan la información generada por estos mediante herramientas de inteligencia artificial y analítica de datos, y luego responden con directrices para el funcionamiento de otras máquinas o dispositivos. IoT puede ser utilizada en una fábrica inteligente, conectando máquinas con máquinas, o incorporada a productos inteligentes que reporten información sobre su funcionamiento y rendimiento.

Según la Asociación de Industrias de Robótica (RIA, por sus siglas en inglés), los **robots industriales** son manipuladores multifuncionales reprogramables, que pueden ser controlados tanto por personas como por un sistema informático. Son capaces de mover materiales, piezas, herramientas o dispositivos especiales, siendo dispuestos en trayectorias predeterminadas pero variables. Los usos más comunes son para el empaquetado y paletizado, moldeo por inyección, pulido, pegado o soldadura, montaje y desmontaje, control de calidad, análisis de laboratorio, y supervisión general del circuito productivo (Rodal Montero, 2020). Ahora bien, cuando a estos robots les incorporamos sensores para que detecten los cambios en su entorno, e inteligencia artificial para que sean capaces de modificar su comportamiento de forma adaptativa, estamos en presencia de **máquinas inteligentes** que resultan en robots colaborativos capaces de interactuar de forma material con los seres humanos en diversas tareas. Pueden transportar objetos de gran peso, detener su trayectoria cuando están en presencia de un humano u otra máquina, y articularse a procesos automáticos gracias a su capacidad de conexión con otros equipos.

La **impresión 3D o manufactura aditiva** es un proceso productivo que consiste en fabricar objetos, sin moldes ni matrices, a partir de añadir sucesivas capas de material, siguiendo un modelo virtual realizado en un software de diseño asistido por computadora (CAD). Existen diferentes métodos de fabricación aditiva, dependiendo de los materiales que se utilicen (filamentos termoplásticos, hilos y barras de metal, polvos y resinas) y la manera de unir y compactar estos materiales (mediante calor, haz de luz, láser, soldadura o adhesivos, etc.)⁽¹⁾. Gracias a la impresión 3D es posible fabricar piezas de geometría más compleja que con los métodos tradicionales (como mecanizado o forjado) y realizar en una sola pieza lo que antes precisaba distintas partes hechas por separado, cuestiones fundamentales en industrias como la aeronáutica y la automotriz. A su vez, dada la gran flexibilidad de sus procesos, es particularmente útil para la elaboración de prototipos o series cortas, reduciendo fuertemente los tiempos y los recursos necesarios, pudiendo incluso implementarse para modelos de negocios de customización masiva.

Por técnicas de **Big Data** se entiende al conjunto de técnicas destinadas a procesar y analizar los ingentes volúmenes de datos generados continuamente y de forma heterogénea en tiempos de tecnologías interconectadas. Datos masivos que crecen a una gran velocidad y que las técnicas tradicionales de procesamiento no son capaces de abarcar. Las técnicas de *data mining* identifican la información relevante de los grandes volúmenes de datos y reconocen patrones y tendencias sobre las cuales se puede estructurar la información de una forma comprensible para su utilización. Con las técnicas de la ciencia de datos, propias de la estadística y la programación, se procesa la información de una forma útil para la toma de decisiones en tiempo real y la planificación.

La **simulación virtual** comprende diferentes tecnologías que permiten operar en entornos virtuales, que pueden estar representando o no la realidad. Entre ellas las principales son las realidades virtual, aumentada, mixta, y los gemelos digitales. La **realidad virtual** consiste en la recreación virtual de un entorno ficticio y la posibilidad de interactuar con este de diversas maneras. Es especialmente útil para la capacitación de trabajadores en entornos menos riesgosos para la salud humana y sobre los costos materiales, desde simuladores de vuelo hasta para aprender a utilizar grúas. La **realidad aumentada**, en cambio, superpone elementos o información adicional sobre la imagen de un entorno real. Al igual que la virtual, puede ser aplicada para la formación, pero también es utilizada para facilitar distintos procesos complejos ya que permite visualizar en una misma imagen el entorno e información útil para la toma de decisiones (como, por ejemplo, planos, escalas, demarcación de locaciones específicas, etc.). La **realidad mixta** es una representación virtual de un entorno real, que puede estar localizado a una gran distancia. Permite la interacción con elementos de la realidad a pesar de no estar frente a ellos. De forma similar, los gemelos digitales son réplicas digitales de objetos, espacios, o procesos concretos y en tiempo real con todas sus características técnicas y datos de funcionamiento. Para ello es necesario combinar sensores que registren la información, inteligencia artificial que la procese, realidad virtual que la represente y realidad aumentada para complementar la representación con información (Rodal Montero, 2020). El desarrollo de **gemelos digitales** permite simular procesos experimentales o configuraciones de plantas sin los costos o riesgos asociados.

La **computación en la nube** refiere a la prestación en línea de servicios informáticos de infraestructura, plataforma y software. El *cloud computing* permite a las empresas ejecutar distintos tipos de programas, desarrollar o utilizar aplicaciones, almacenar información o acceder a ella desde cualquier dispositivo, sin la necesidad de instalar y mantener la infraestructura tradicionalmente asociada a esa tarea. En cambio, la empresa puede optar por adquirir uno o más paquetes de servicios de uno o varios proveedores, de acuerdo con sus necesidades, sumando agilidad, interoperabilidad y escalabilidad a todo el proceso (Basco et al., 2018).

(1) La tecnología y sus distintos métodos son detallados por Enrique Rodal Montero en <https://www.yumpu.com/en/document/read/63653947/industria-40-conceptos-tecnologias-habilitadoras-y-retos-enrique-rodal>

La **inteligencia artificial (IA)** consiste en el desarrollo de modelos computacionales con algoritmos capaces de procesar información a gran velocidad de forma adaptativa y automática, ya que van mutando y perfeccionándose en la medida en la que los datos que incorporan suman nueva información. De esta manera, consolidan sistemas de aprendizaje autónomo con características propias del intelecto humano. Estos algoritmos “aprenden” con la información que incorporan y mejoran sus predicciones y respuestas. Algoritmos de inteligencia artificial se utilizan para modelos predictivos para la toma de decisiones, reconocimiento facial, procesamiento del lenguaje natural, entre otras aplicaciones.

La **ciberseguridad** es el área de la informática que agrupa a las prácticas y mecanismos que protegen la transmisión y el almacenamiento de datos, del uso indebido o de amenazas externas. Reúne desde estándares y protocolos hasta software especializados de protección y anonimización de datos. Es cada vez más relevante en la medida que aumenta la cantidad de información personal y empresarial que se encuentra circulando en redes digitales.

2.2. Paquetes tecnológicos 4.0

Todas estas técnicas aquí descritas componen, junto a otras interrelacionadas (sensores inteligentes, drones, plataformas colaborativas, sistemas de geolocalización, etc.), el paquete tecnológico que caracteriza la *Industria 4.0* (Basco et al., 2018). Cada tecnología, a su manera, incide en los procesos productivos, modelos de negocio, y productos. Sin embargo, resulta útil avanzar en **una caracterización que aporte luz sobre la manera en que cada tecnología aporta al paradigma y se articula con el resto**. A grandes rasgos, y siguiendo al informe de Industria Conectada 4.0 de España (2014), podemos identificar **tres grupos: tecnologías destinadas a la hibridación entre el mundo físico y los sistemas informáticos; a la comunicación y tratamiento de la información; y a los sistemas de gestión**. Esto no quiere decir que cada tecnología pertenezca a una categoría de forma exclusiva, sino que podemos reconocer ciertas funcionalidades con objetivos predominantes.

1

Habilitadores de hibridación del mundo físico y digital

Permiten conectar el mundo físico con el digital captando información, traduciendo y operando

Impresión 3D y manufactura aditiva transforma la información digital en un cuerpo físico

Robótica avanzada y sistemas embebidos posibilitan una comunicación bidireccional

Sensores y redes sociales captan información del mundo físico

2

Comunicación y tratamiento de la información

Recoge la información de la hibridación, la transporta, ofrece capacidad de procesamiento y garantiza su seguridad

Ciberseguridad y blockchain permiten la transmisión de la información de una forma segura

Computación y cloud facilita la agilidad, flexibilidad y escalabilidad en el uso de recursos técnicos

Conectividad y movilidad conecta objetos a través de redes y facilita la inteligencia autónoma en procesos y actividades

3

Aplicaciones de gestión e inteligencia

Procesa la información obtenida de la hibridación y la comunicación y tratamiento de los datos, y aplica inteligencia para poder darle uso

IA, Big Data y Analytics permiten procesar y analizar grandes volúmenes de datos a una alta velocidad para la toma de decisiones en tiempo real

Simulación de entornos virtuales y realidad aumentada representan la realidad en un entorno virtual y permiten bajar costos y cuidar la seguridad de los trabajadores

Plataformas colaborativas establecen un canal de comunicación entre los distintos agentes

FUENTE: elaboración propia sobre la base de Industria Conectada 4.0: La transformación digital de la industria española (2014).

► Tecnologías destinadas a la hibridación del mundo:

Reúne al conjunto de habilitadores que establecen un puente entre el mundo físico y los sistemas informáticos. Pueden operar captando información del entorno material en el que se encuentran (como los sensores o la recolección de datos a través de aplicaciones digitales); o traducir objetos digitales a materiales (impresión 3D); incluso están las que operan en ambos sentidos (como los robots inteligentes y los sistemas ciberfísicos).

► Tecnologías destinadas a la comunicación y al tratamiento de la información:

El paradigma 4.0 demanda mayores recursos para sostener los flujos de información y su aprovechamiento, imponiendo mayores desafíos para mantener el sistema de información. Esta segunda categoría está compuesta por aquellas tecnologías que sostienen la infraestructura informática del sistema, posibilitan la conectividad y establecen los canales de transmisión para los flujos de información entre la etapa de hibridación y la de gestión. Los sistemas de integración y la Internet de las cosas erigen redes entre objetos que captan y generan información, constituyendo una fuente de información necesaria para aplicar inteligencia. A través de esas redes los dispositivos conectados también reciben instrucciones definidas gracias a la información recolectada. Los servicios de *cloud computing* restan costos de mantenimiento de la infraestructura y suman agilidad, flexibilidad y escalabilidad a todo el proceso. La ciberseguridad permite que la transmisión y almacenamiento de datos sensibles se dé de manera segura.

► Tecnologías destinadas a los sistemas de gestión empresarial:

Esta última categoría agrupa las tecnologías de procesamiento de la información y la aplicación de inteligencia para encontrar soluciones prácticas para la gestión empresarial y planificación de la producción. Gracias a las técnicas de *big data* e inteligencia artificial es posible procesar y analizar grandes volúmenes de datos y, de esta manera, generar información útil en tiempo real para la toma de decisiones o la ejecución de procesos autónomos. La simulación de entornos virtuales permite representar entornos con los cuales es posible interactuar para practicar acciones de formación o experimentales, como paso previo a su aplicación en el mundo real permitiendo reducir costos y riesgos. Las plataformas colaborativas permiten conectar a los distintos actores del sistema y gestionar las interacciones entre ellos.

2.3. Impacto en los modelos productivos

La implementación y combinación de tecnologías permite mejorar la competitividad de diversas maneras: optimizando el consumo energético y la gestión de recursos materiales, mejorando el mantenimiento a partir del monitoreo de las máquinas, reduciendo los tiempos en la realización de tareas, simulando procesos con bajo costo y riesgos reducidos, evitando las fallas de fabricación, mejorando la calidad, fortaleciendo la calificación de los operarios y la organización de los recursos humanos, y creando nuevos productos en línea con las nuevas tendencias en la demanda (Rodal Montero, 2020).



Optimiza el consumo energético



Simula procesos con bajos costos y riesgos



Mejora la gestión de recursos materiales



Reduce las fallas de fabricación



Facilita y abarata el mantenimiento



Mejora la calificación de los operarios



Reduce los tiempos para realizar tareas

Mejorar la eficacia energética es un objetivo clave para el futuro del capitalismo, no sólo desde el punto de vista económico sino también en vistas de conseguir un desarrollo sustentable. Las herramientas tecnológicas permiten analizar los consumos energéticos, detectar picos y desfasajes, planificar la producción en función de las tarifas, las condiciones de producción y los fenómenos meteorológicos. Las herramientas de inteligencia artificial se utilizan para desarrollar infraestructuras inteligentes, autónomas y flexibles que reducen los consumos energéticos.

El desarrollo de sensores y su bajo costo permiten **obtener datos en tiempo real** sobre el funcionamiento de las máquinas que intervienen en los procesos productivos. La difusión de estos dispositivos ha permitido optimizar el mantenimiento de los bienes de capital. Del mantenimiento correctivo -intervención humana tras una falla- y preventivo -revisiones periódicas para evitar fallos futuros- se ha avanzado hacia el mantenimiento predictivo: a partir de la información en tiempo real de los componentes más delicados de las máquinas y los datos almacenados sobre su historial de uso, las herramientas de inteligencia artificial permiten **predecir con precisión cuándo se producirá una falla y evitarla**, optimizando tiempo y recursos. En su grado más avanzado, la posibilidad de identificar las causas permite tomar las medidas adecuadas para mejorar el proceso de producción, dando lugar al mantenimiento proactivo. En simultáneo, la utilización de herramientas de realidad aumentada permite superponer información virtual y real, y habilita la participación de distintos operarios de modo remoto, posibilitando prácticas colaborativas de mantenimiento y refacción. La posibilidad de desarrollar réplicas digitales de activos físicos, procesos, espacios, sistemas y dispositivos (gemelos digitales o *digital twins*) en las plantas de fabricación permite prever situaciones y prevenir fallas. En el desarrollo de estos gemelos digitales intervienen IoT (*Internet of Things*), IA (Inteligencia Artificial), Realidad Virtual y Realidad Aumentada.

Gran parte de los recursos destinados a Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i) de las empresas del sector aeronáutico, ferroviario y energético tiene por objetivo erradicar los errores en los componentes de los motores y otros elementos sensibles que componen su producción. La utilización de sensores y herramientas de metrología permiten un salto cualitativo en el camino hacia la **Fabricación con Cero Defectos** (*Zero Defect Manufacturing*).

Las posibilidades de **eficientizar la logística** crecen exponencialmente gracias a la conectividad. Acopio, almacenamiento, distribución y reparto de productos adquieren una nueva dinámica y una velocidad sin precedentes para dar respuesta a las necesidades del mercado. El grado de transformación sobre la logística se ha cristalizado en el concepto de **Manejo de la Cadena de Suministros (Supply Chain Management)**, utilizado para referirse a la multiplicidad de procesos involucrados, que van desde la localización de las materias primas y la transformación de productos hasta la llegada al consumidor, el abastecimiento, la regulación, el marketing, la distribución, las ventas y el diseño. La sincronización de todas esas operaciones en tiempo real permite un salto de calidad y eficiencia.

Las nuevas tecnologías abren **posibilidades de capacitación** que hasta ahora sólo estaban disponibles en algunos sectores. La realidad virtual y los videojuegos permiten llevar a cabo actividades de formación de manera lúdica e interactiva, sin utilizar máquinas ni materias primas, evitando situaciones riesgosas para la integridad de personas y bienes.

En simultáneo, los nuevos desarrollos permiten **reducir los riesgos de accidentes laborales**. La utilización de robots colaborativos -que cuentan con sensores, visión artificial, reconocimiento de personas e inteligencia artificial- permite obtener indicadores de presión, temperatura, presencia de gases o humo, generando alertas tempranas, protegiendo a los trabajadores e incrementando la eficiencia. La información sobre las habilidades y capacidades de cada trabajador y la posibilidad de conocer su ubicación en tiempo real en la planta permite realizar un *tracking* de personas y activos en tiempo real. La utilización de drones con cámaras posibilita la supervisión del funcionamiento de las máquinas sin poner en riesgo a los trabajadores ni interrumpir la producción.

Los **clientes exigen cada vez más información** sobre los productos que adquieren: procesos de fabricación, materiales utilizados, condiciones de almacenamiento y traslado. Los sensores permiten acceder a esa información y las empresas señalizan sus productos por medio de etiquetas o marcas inteligentes. La tecnología *blockchain* permite que la información sobre la trazabilidad de los productos no sea adulterada.

La conectividad ha multiplicado la posibilidad de **ofrecer servicios asociados a los bienes comercializados**. Gracias a los datos que las empresas reciben sobre el funcionamiento de los productos y las posibilidades de procesarlos en tiempo real, las firmas extienden la relación comercial más allá de la venta. La **servitización** es un nuevo modelo de negocios que ha surgido a partir de estas tecnologías, que consiste en ofrecer servicios adicionales a los clientes aprovechando la información que proporciona el producto inteligente vendido. Incorporar sensores conectados a una red del proveedor que transmiten información sobre el uso del producto permite ofrecer servicios de soporte ante posibles fallas o caídas en el rendimiento, o posibilita la modularidad en el uso de ciertas infraestructuras que pueden ser aprovechadas por más de un cliente de acuerdo con sus necesidades. La información que generan los dispositivos puede venderse a distintos clientes, multiplicando las posibilidades de negocios, pero generando desafíos y debates en torno a la confidencialidad. En estos casos es clave el uso responsable, con protocolos de seguridad en marcos legales consensuados, para proteger la información del uso indebido y amenazas externas.

La **posibilidad de generar productos a medida** crece exponencialmente gracias al avance en el desarrollo de máquinas y robots que pueden cambiar su forma de trabajar en cualquier momento y de manera rápida, gracias a la conectividad. A su vez, la disponibilidad de información procesada con técnicas de *big data* y *analytics* y la comunicación con los consumidores que posibilitan las plataformas colaborativas acercan a los productores los requerimientos y tendencias de la demanda. La combinación de estos desarrollos con las herramientas que brinda la impresión 3D (o manufactura aditiva) permite generar productos únicos y diferentes a medida de los usuarios, permitiendo la **customización masiva**.

La sinergia entre humanos y máquinas genera saltos de calidad que redundan en mayor productividad y mejora las condiciones de trabajo. Las fábricas modernas son fábricas inteligentes, donde la interconexión entre máquinas, dispositivos y personal permite procesar información y modificar la producción en tiempo real, optimizando el uso de recursos y colaborando con los objetivos de desarrollo sustentable.

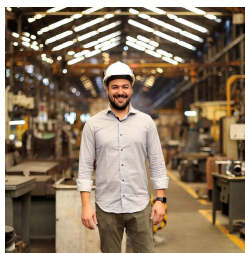
2.4. Impacto en sectores económicos

Hasta ahora hemos hecho referencia a mecanismos en los cuales las tecnologías inciden en los modelos productivos de forma general. Sin embargo, es fundamental comprender que las tecnologías 4.0 pueden incidir de distinta manera según el sector al cual se apliquen⁽²⁾:

- **Industria 4.0:** la industria dedicada a la fabricación de productos puede considerarse como una de las pioneras en la introducción de sistemas automatizados de producción. La incorporación gradual de distintos componentes tecnológicos novedosos, provenientes de los dominios digital y físico, las convierte en 'fábricas inteligentes' capaces de integrar de manera eficiente a todos los actores que intervienen en el proceso de fabricación (proveedores, operarios, maquinaria, sistemas logísticos, etc.), mejorando la productividad y la eficiencia en el uso de recursos, y generando información útil para la toma de decisiones en tiempo real y la planificación a mediano y largo plazo.
- **Energía 4.0:** toda la cadena de valor de la producción energética puede beneficiarse de soluciones 4.0. En la extracción y producción de gas y petróleo, la combinación de sensores, sistemas de automatización y tratamiento de datos permite optimizar la actividad definiendo sistemas de control y monitoreo de la perforación y producción para la supervisión y respuesta en tiempo real. Sensores ubicados en los yacimientos advierten sobre diferencias de presión en el flujo del crudo, y permiten realizar ajustes a tiempo reduciendo los tiempos y costos asociados. La generación y distribución de la energía eléctrica de forma conectada permite controlar y eficientizar los circuitos, detectar cortes en los suministros, y mejorar las proyecciones de la demanda por parte de los usuarios.
- **Minería 4.0:** las tecnologías aplicadas a la actividad minera comparten muchas de las aplicaciones de los sistemas de monitoreo y control utilizados en la industria petrolera. Adicionalmente, la aplicación de robots inteligentes y autónomos para la extracción de minerales disminuye fuertemente los riesgos de accidentes para los trabajadores en las condiciones difíciles que imponen las minas.
- **Agricultura y ganadería 4.0:** las tecnologías digitales permiten aumentar la productividad de los cultivos. Sensores en los campos de producción permiten medir las características del suelo (humedad, temperatura, PH, etc.), variables medioambientales como lluvias o viento, o variables relativas a las plantas (tamaño de las raíces, tallos, estado de la savia, etc.). Los datos obtenidos son procesados con softwares específicos, brindando información clave para que los productores puedan recomponer los suelos de ser necesario, realicen las siembras y cosechas en el mejor momento, y planifiquen el ciclo productivo de forma óptima. A su vez, sirven para complementar sistemas de riego y maquinaria agrícola inteligentes. En la ganadería, los sensores pueden captar información del estado y geolocalización de los animales y de las condiciones de los ámbitos en los que se encuentran.

(2) Basado en la publicación de la Fundación Telefónica (año 2016), "Internet Industrial Máquinas inteligentes en un mundo de sensores".

- **Movilidad 4.0:** la gestión del transporte también puede ser muy beneficiada por estas tecnologías. En primer lugar, dotar al parque automotor de conectividad genera información clave (geolocalización, uso de combustible, características del manejo, etc.) que permite a las empresas mejorar la planificación de las rutas y la gestión de flotas para aumentar la eficiencia de los desplazamientos, el uso de recursos, y las emisiones de carbono. También es una herramienta clave para las agencias públicas de regulación del transporte en su tarea de asegurar correctos servicios para los usuarios, regular a las empresas de transporte, planificación urbana general y de obras públicas de vialidad. Adicionalmente, encontramos el desarrollo de vehículos autónomos dotados de conectividad e inteligencia artificial con el objetivo de circular por la vía pública sin conductor, que en un futuro muy probablemente transforme la manera en la que nos movemos.
- **Salud 4.0:** el sector de la salud cada vez está incorporando más herramientas digitales y de conectividad para mejorar sus prestaciones. Las plataformas digitales son crecientemente utilizadas por hospitales y centros de salud privados para coordinar e incluso realizar consultas de manera virtual. La aplicación de *data analytics* sobre pruebas de diagnóstico y para tratamiento avanzado de imágenes y de *big data* para extraer información de bases de datos médicas permiten la obtención de diagnósticos más certeros. La centralización en redes de información de las historias clínicas de los pacientes permite un mejor seguimiento y brinda información útil para la administración del sistema de salud por parte de los entes de gobierno.
- **Educación 4.0:** los sistemas educativos han de verse revolucionados con la incorporación de herramientas multimedia en los procesos de enseñanza y aprendizaje, o el uso de plataformas colaborativas. Con el siglo XXI y la era de Internet, los alumnos y profesores han visto aumentar exponencialmente la disponibilidad de la información a la que acceden. La educación virtual a distancia ha crecido en los últimos años, se ha vuelto casi indispensable en tiempos de pandemia y ha impulsado importantes avances en el desarrollo de entornos virtuales que potencian el valor de la experiencia de intercambio.
- **Gobierno 4.0:** las tecnologías 4.0 contribuyen a mejorar los procesos gubernamentales y modifican estructuralmente la relación Estado-Ciudadanía. La información obtenida puede utilizarse para mejorar los servicios de salud, transporte, infraestructura o seguridad, permitiendo detectar cuellos de botella y reasignar recursos, al tiempo que torna más eficientes a los sistemas de comunicación y, en particular, de alerta temprana.



INDUSTRIA 4.0

Fábricas 4.0 que integran a todos los actores que participan de la producción: proveedores, operarios, maquinaria, sistemas logísticos. Innovación en bienes inteligentes.



ENERGÍA Y MINERÍA 4.0

Sistemas de control y monitoreo de la perforación y de la producción en tiempo real. Modelados y visualización 4D.

Robotización de tareas de peligro para la salud humana.



AGRO 4.0

Sensorización, transmisión y procesamiento de información en tiempo real sobre características del suelo, variables medioambientales, información sobre cultivos. Sistemas automáticos de riego y cosecha.



MOVILIDAD 4.0

Vehículos autónomos, mejora en la eficiencia de los desplazamientos, reducción del consumo energético y disminución de la huella de carbono.



SALUD 4.0

Aplicación de Data Analytics sobre pruebas de diagnóstico y tratamiento avanzado de imágenes y de Big Data para extraer información de bases de datos médicas permiten la obtención de diagnósticos más certeros.



EDUCACIÓN 4.0

Incorporación de herramientas multimediales en los procesos de enseñanza y aprendizaje, uso de plataformas colaborativas.



GOBIERNO 4.0

El gobierno puede convertirse en el mayor demandante de TICs (*Big Data*, *Machine Learning*, *IoT*, *cloud*, etc), para mejorar los procesos gubernamentales, la conexión con los ciudadanos y con proveedores y entidades externas.



3. Diagnóstico para Argentina: nuestro punto de partida

La transición a una economía 4.0 transforma radicalmente los límites de las formas de producción tradicionales. No se trata simplemente de sumar tecnología sino de una nueva forma de encarar los procesos productivos, aprovechando las nuevas tecnologías para potenciar la interconexión dentro de la unidad de producción (ya sea de bienes o servicios) o fuera de ella con proveedores y con clientes. Esta transición genera un espacio de interacción entre la producción manufacturera, la agropecuaria y los servicios nunca imaginado hasta el momento, cuyas consecuencias en términos de productividad, empleo, e impacto social y ambiental son todavía difíciles de mensurar.

La transición implica retos disímiles para las empresas, trabajadores e instituciones, atados a los niveles de desarrollo que presenten y a los sectores productivos en que estén insertos. Para un país en vías de desarrollo, no incorporarse a la carrera de la transición a una economía 4.0 implica la posibilidad de ampliar exponencialmente la brecha con los países desarrollados y disminuir la competitividad de su entramado empresarial, poniendo así en riesgo los empleos existentes. Motta, Morero, y Azcúa (2019)⁽³⁾ señalan que “el Instituto para la Ingeniería de Manufacturas y Automatización (IPA) del Instituto Fraunhofer estima ganancias de productividad y eficiencia en total entre un 10% y 20% para las plantas industriales digitales (Roland Berger, 2016). Los inventarios podrían reducirse entre un 30% y 50% a través de una gestión en tiempo real; los costos de producción, logística y calidad podrían bajar entre un 10% y un 20% con la introducción de robótica avanzada, *cobotics* (robots colaborativos), automatización de logística en planta y de testeo en tiempo real; y otro tanto los costos de mantenimiento, con la incorporación de sistemas de predictibilidad de fallas y gestión de tareas de control preventivo.” Estas razones fundamentan la necesidad de que las empresas argentinas sigan este camino para mejorar la competitividad y la calidad, y bajar los costos. A su vez, la adopción plantea desafíos a las conductas empresarias, los niveles de empleo sectoriales y las competencias laborales, al tiempo que depara el riesgo de incrementar la dependencia tecnológica y presionar sobre la demanda de divisas.

Pensar un modelo de desarrollo basado en industria 4.0 supone, como primer paso, considerar el punto de partida sobre el cual se para la Argentina, su posición relativa con otros países en el recorrido de esta travesía, y sus fortalezas, debilidades, desafíos y oportunidades en términos de adopción y oferta de soluciones tecnológicas 4.0.

(3) <https://www.cepal.org/es/publicaciones/45033-industria-40-miPyMES-manufactureras-la-argentina>

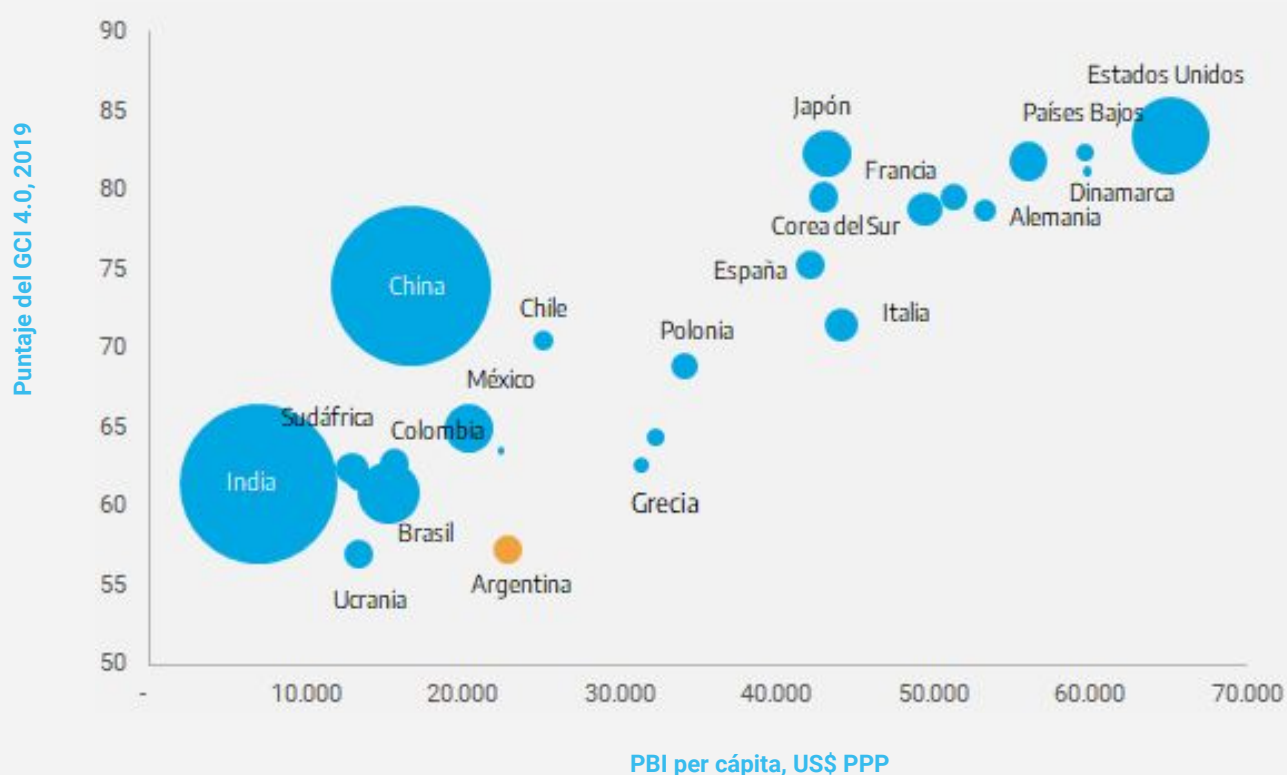
3.1. Comparación a nivel global

Si bien muchas de las tecnologías descritas en la sección anterior fueron desarrolladas hace décadas, el concepto de Industria 4.0 nació recién en 2011. A partir de ese momento, comenzó a generalizarse y adherir adscriptos tanto en el sector público como en el privado. Estados y empresas emprendieron acciones para adecuarse a un proceso de transformación que representa simultáneamente amenazas y oportunidades. Al día de la fecha, la mayoría de los países del mundo ya tienen en agenda acciones en este camino y están desarrollando planes estratégicos orientados a operar en este ámbito.

El Índice de Competitividad Global 4.0 (World Economic Forum, 2019) sintetiza los factores que traccionan el aumento de la productividad y el desarrollo en el marco de la Cuarta Revolución Industrial, a través de los cuales evalúa a 141 economías. Es el resultado de la agregación de 103 indicadores agrupados en 12 “pilares”: instituciones, infraestructura, adopción de TIC, estabilidad macroeconómica, salud, habilidades, mercado de productos, mercado laboral, sistema financiero, tamaño de mercado, dinamismo empresarial y capacidad de innovación.

El indicador muestra una clara correlación lineal entre el desempeño de los factores que fundamentan el desarrollo en términos de la industria 4.0 y el ingreso medio. El siguiente gráfico ilustra esta afirmación, comparando los resultados del GCI 4.0 de 2019 para las economías seleccionadas en relación con su producto.

RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE DE COMPETITIVIDAD GLOBAL 4.0 Y PBI PER CÁPITA

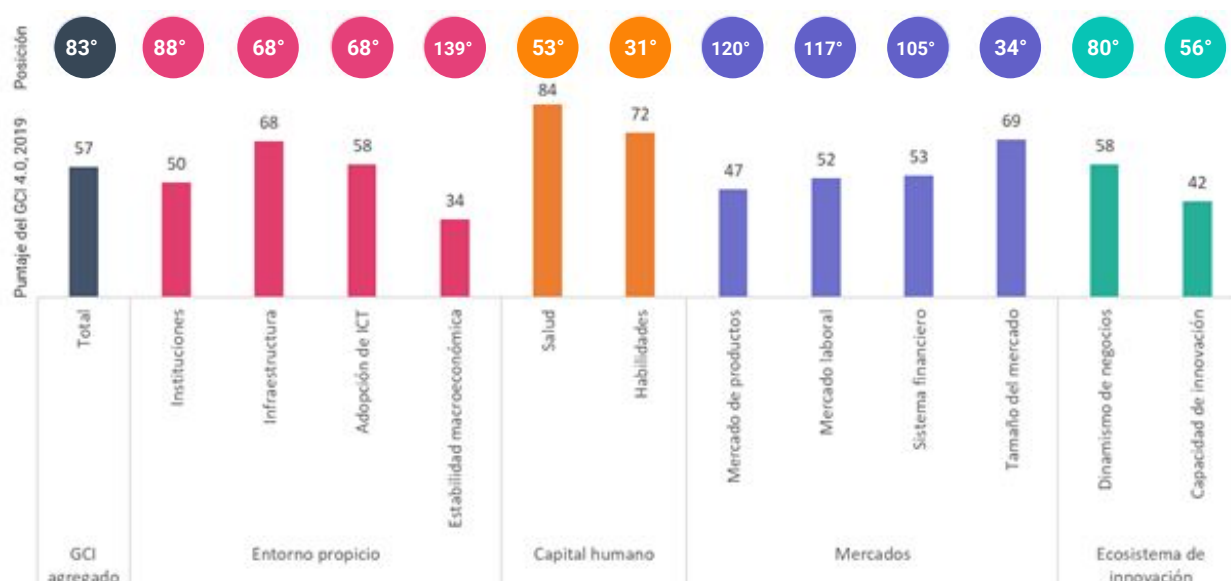


FUENTE: elaboración propia con base en GCI 4.0 2019

El reporte revela que la mayoría de las economías siguen estando lejos de la “frontera” de competitividad, y que el desempeño es heterogéneo en los 12 pilares del índice. Los países en vías de desarrollo inician la carrera a la economía 4.0 desde un punto de partida más alejado de la vanguardia tecnológica, con sistemas de innovación más débiles y con menos coordinación entre el sector productivo y el científico, con menor capacidad de inversión y financiamiento, y con una estructura social más vulnerable. Alcanzar una economía 4.0 supone resolver una cantidad de problemas estructurales e institucionales para encaminar las soluciones necesarias.

El Índice de Competitividad Global 4.0 también permite ilustrar el desempeño de la Argentina en cada uno de los pilares que componen el indicador. **Su principal fortaleza radica en su capital humano**, en particular lo concerniente al nivel educativo, la **calidad del entrenamiento profesional** y un conjunto de **habilidades generales y digitales** que dotan a los trabajadores de capacidades considerables y con potencial de desarrollo.

DESEMPEÑO DE ARGENTINA EN EL GCI Y CADA UNO DE SUS PILARES



FUENTE: elaboración propia con base en GCI 4.0 2019

A su vez, la Argentina presenta **condiciones relativamente favorables en torno a su subsistema científico** (con un buen rendimiento en publicaciones científicas y en la prominencia de las instituciones de investigación), aunque evidencia una menor interacción con el sistema productivo. De todas maneras, el ecosistema de Ciencia y Tecnología es un activo favorable para trabajar sobre las dimensiones de capacitación, diagnóstico, desarrollo y absorción de tecnologías.

FORTALEZAS Y DEBILIDADES PARA EL PARADIGMA 4.0

**Infraestructura**

Buena infraestructura para la inclusión digital.

**Capital Humano**

Buena dotación en habilidades.

**Tamaño del mercado**

Interesante y con perspectivas de crecimiento.

**Ecosistema de Innovación y CyT**

Desarrollo I+D+i. Interacción y diversidad. Entramado e instituciones científicas públicas y privadas.

**Rezago en infraestructura de datos**

Para nuevas tecnologías de big data, computación en la nube o IOT.

**Inestabilidad macroeconómica**

Límite a la inversión.

**Grandes brechas de productividad**

Entre sectores y frente a países desarrollados.

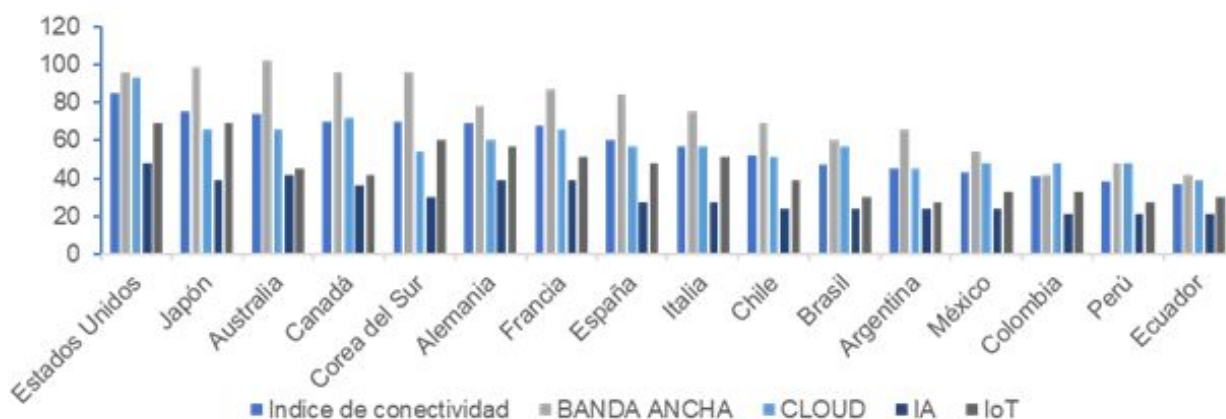
**Sistema financiero**

Pequeño y poco vinculado con la producción.

FUENTE: elaboración propia con base en GCI 4.0 2019

Del otro lado, el país afronta debilidades por su **inestabilidad macroeconómica**, el **reducido sistema financiero** y las **brechas en términos de productividad**. Y presenta rezagos en materia de infraestructura de datos. La cobertura de telefonía celular y el uso de internet por parte de la población adulta es amplia, pero existen mayores dificultades en infraestructuras digitales para la difusión de big data, computación en la nube o IoT, tal como refleja el Índice de Conectividad Global de Huawei.

ÍNDICE DE CONECTIVIDAD GLOBAL SEGÚN FACILITADORES TECNOLÓGICOS



FUENTE: Elaboración propia sobre la base de Huawei (2019)

Según un reciente estudio publicado por UNIDO (2019), que clasifica a los distintos países en distintas categorías vinculadas a la adopción y generación de tecnologías 4.0, Argentina se encuentra como “usuario” entre los *“followers”*, junto a otras diecisiete economías como Portugal, Rumania, Tailandia o Vietnam.

Esto implica que participa de manera activa en la adopción de las nuevas tecnologías, aunque a un ritmo sensiblemente inferior a los países líderes. Esto lo coloca en una situación de cierta ventaja relativa con relación a una gran cantidad de países que aún no dialogan con estas tecnologías (los *latecomers* y *laggards*), pero al mismo tiempo de cuenta de un importante rezago o brecha que, en la medida de que no se adopten políticas activas, tenderá a incrementarse con el pasar del tiempo.

Y, al mismo tiempo, el informe señala que Argentina no cuenta con un sector oferente de soluciones tecnológicas denso, a diferencia de economías que, si bien son *“followers”*, se posicionan como productores de soluciones tecnológicas. En general, la mayoría de estos países son naciones europeas (centrales como Italia o periféricas como Eslovaquia), destacándose, excepcionalmente, el caso de Brasil.

ECONOMÍAS CLASIFICADAS DE ACUERDO CON SU NIVEL DE IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS TECNOLOGÍAS AVANZADAS DE PRODUCCIÓN DIGITAL (PDA) - ONUDI

Frontrunners	Followers		Latecomers		Laggards
	Productoras	Usuarías	Productoras	Usuarías	
10 países	23 países	17 países	16 países	13 países	88 países
ej. EE.UU.	ej. Brasil	ej. Argentina	ej. Bulgaria	ej. Costa Rica	ej. Zambia

FUENTE: Elaboración propia en base a ONUDI (2019)

3.2. Industria 4.0. Diagnóstico de condiciones para la adopción de soluciones 4.0.

► Principales fortalezas y debilidades

La Argentina cuenta con un complejo industrial que pocos países en desarrollo tienen: una estructura productiva rica y diversificada, con un amplio espectro de sectores productivos con décadas de trayectoria. Trabajos recientes (UIA, 2019; Brest López, García Díaz y Rapetti, 2019) aplican metodologías basadas en el espacio de productos de Hausman y Klinger (2006), y señalan que la Argentina exhibe una relativa diversidad productiva, y ventajas comparativas reveladas en diversas secciones del espacio de productos.

La agroindustria produce una gran variedad de alimentos, desde semillas hasta alimentos diferenciados; la industria manufacturera cuenta con sectores fuertes como el automotriz, y la industria metalmecánica e instrumentos, que provee desde cosechadoras hasta respiradores y reactores nucleares, pasando por compresores de gas, intercambiadores de calor, o máquinas para fabricar helado. Todas estas actividades están llevadas a cabo principalmente por PyMEs, que son las que explican el 77% de los puestos de trabajo. A lo largo de los años, las PyMEs han tenido que afrontar contextos macroeconómicos y políticas públicas sumamente volátiles, en los cuales han tenido que seguir distintas estrategias de adaptación para subsistir y crecer, desarrollando una gran capacidad de adaptación.

Sin embargo, una de las consecuencias de estar obligadas a transitar períodos de gran inestabilidad es que la mayor parte de las empresas conserva una escala relativamente pequeña. El tamaño de entrada de las empresas argentinas equivale a casi la mitad del tamaño que tiene una nueva empresa en Estados Unidos y es también significativamente menor que en Brasil. Asimismo, no suelen cambiar su tamaño con el tiempo⁽⁴⁾. A su vez, sectores con larga trayectoria han crecido orientándose al mercado interno, en el que la cantidad de compradores es relativamente limitada, por lo que han desarrollado un modelo de negocios a partir de ofrecer una gran variedad de productos, generando así una escala ineficiente para su producción.

Coatz y Schteingart (2016) muestran que la productividad industrial argentina era en promedio (2012) más elevada que la de otros países latinoamericanos como Colombia, Brasil, México o Chile, pero un 38% más baja que la estadounidense. Asimismo, existe una importante brecha de productividad entre las PyMEs y las grandes empresas, sustancialmente mayor que el diferencial presente en las empresas europeas (CEPAL, 2013).

PRODUCTIVIDAD RELATIVA A LAS GRANDES EMPRESAS SEGÚN TAMAÑO



FUENTE: elaboración propia con base en CEPAL (2013). *Cómo mejorar la competitividad de las PYMES en la Unión Europea y América Latina y el Caribe: propuestas de política del sector privado.*

Finalmente, el país sobresale por el bajo nivel de inversión en I+D+i que registra el sector privado, incluso en relación con otros países emergentes. De acuerdo con la información de UNESCO, en 2017 tan solo un 20% de la inversión total en I+D+i provino del sector privado, en tanto que el promedio para los países emergentes era mayor al 50%, llegando al 70% en países como Hungría. Durante los últimos 20 años, el peso del empresariado argentino en la ejecución total del gasto nacional en I+D+i, no ha hecho otra cosa que caer, a diferencia de lo sucedido en otros países emergentes más dinámicos en materia tecnológica (Herrera Bartis y Neira, 2019).

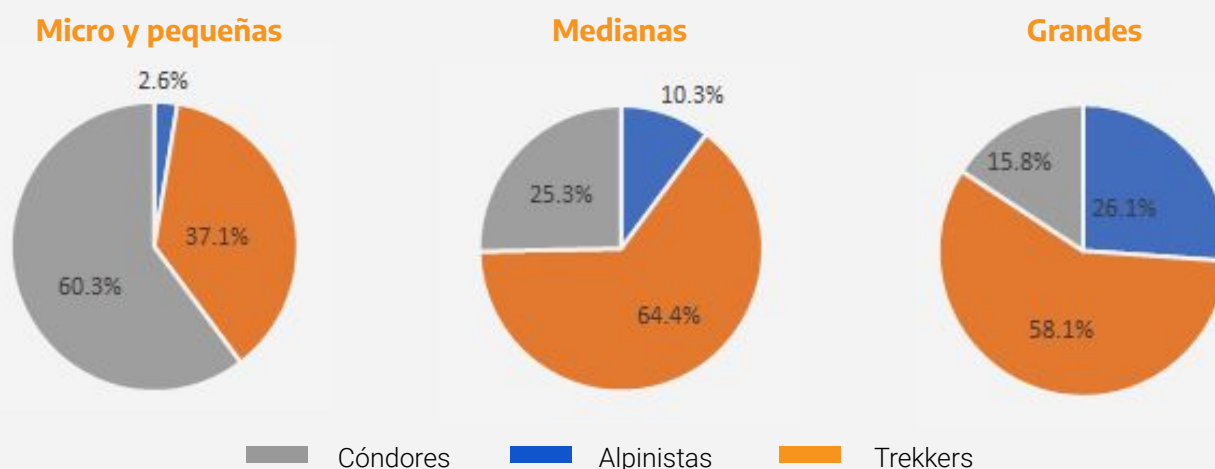
(4) "Panorama de las empresas en Argentina": <https://biblioteca.produccion.gob.ar/document/download/535>

► Desafíos y oportunidades

La mayor parte de las empresas todavía se encuentran operando con tecnologías anticuadas (Albrieu et al., 2019). Muchas no tienen en claro los beneficios que pueden percibir por adoptar tecnologías 4.0, por lo que todavía se encuentran reacias a asumir el tiempo y los costos de la adaptación (Boston Consulting Group, 2018). La tarea de sensibilización es demandante, y más en un contexto en el que no abundan los ejemplos exitosos que funcionen como faro para el resto, pero es el primer paso para encarar los desafíos tecnológicos. Existen importantes carencias en la aplicación de sistemas operativos que automatizan muchas de las tomas de decisiones, aprovechando la información del mismo proceso productivo (fallas en los circuitos de producto, desbalances de inventarios, procesos contables, entre otros), como así también en los protocolos de seguridad informática en muchos de los sectores.

Un estudio elaborado por BID - CIPPEC - UIA (2019), que alcanzó a 307 firmas de 6 ramas industriales, halló que la difusión de las tecnologías 4.0 es un fenómeno incipiente. Un primer elemento que revela este estudio es que el grado de difusión de las tecnologías 4.0 en la industria argentina es todavía muy bajo (las utilizan menos del 10% de las firmas encuestadas y ni siquiera ese porcentaje de empresas lo hace de forma integrada); un segundo punto relevante es que en la mayoría de las empresas predominan las tecnologías digitales de primera y segunda generación; y un tercer aspecto llamativo es que más del 60% de las firmas consultadas dijo no estar tomando ninguna acción tendiente a incorporar tecnologías 4.0 (ibid., p. 27 y ss.).

NIVEL DE ADOPCIÓN POR TIPO DE EMPRESA (*)



FUENTE: elaboración propia con base en BID-INTAL-UIA, 2019.

(*) Los autores definen a las categorías utilizadas en el trabajo de la siguiente manera: **códorres**, a las empresas tecnológicamente avanzadas; **alpinistas**, por usar tecnologías de desarrollo intermedio y ser activas en incorporar nuevas soluciones, y **trekkers**: a las que usan tecnologías de primera y segunda generación y muestran cierta inactividad frente al cambio tecnológico.

Resolver las brechas de productividad implica incrementar las capacidades tecnológicas e innovadoras, una clave central para el desarrollo de largo plazo. Ello difícilmente pueda ocurrir sin una demanda pujante ni una política industrial que ataque los problemas de oferta (Coatz y Schteingart, 2016). A nivel global se evidencia una tendencia creciente de los gobiernos a abordar planes estratégicos que promuevan el desarrollo de la Industria 4.0. El desafío es superlativo, en tanto las experiencias recientes y heterogéneas según sus puntos de partida aún no han provisto recetas probadas (Basco et al., 2018).

Los esfuerzos de adopción de tecnologías 4.0 les abren a las empresas la oportunidad de repensar sus estrategias y alinearlas con las señales del nuevo escenario competitivo. A su vez, las nuevas tecnologías tienden a reducir el costo de las series cortas, inducir la “customización masiva” de productos y alterar los costos de oportunidad de la automatización, modificando así el esquema de ventajas competitivas que primó en las últimas décadas y que afectó la competitividad de la estructura industrial nacional.

3.3. Industria 4.0. Diagnóstico de condiciones para el desarrollo de soluciones 4.0

► Principales fortalezas y debilidades

La Argentina cuenta con un sector de servicios basados en el conocimiento destacado a nivel regional. Es el segundo país con más *unicornios* de Latinoamérica, con cinco empresas de este tipo y sólo detrás de Brasil (Ventrici y Palermo, 2021); las principales multinacionales operan en el país; y el entramado de PyMES es fuerte y creciente (Boston Consulting Group, 2018).

El sector de software y servicios informáticos argentino ha registrado un enorme crecimiento desde principios del milenio. En 2002 se encontraban inscriptas 1.850 empresas que generaban más de 25.000 puestos de trabajo registrados; para 2019 ese número ascendió a más de 5.400 empresas y 110.000 puestos de trabajo. A su vez, sumaron ventas totales por más de US\$3.000 M, según lo relevado por el Observatorio Permanente de la Industria de Software y Servicios Informáticos de la Argentina (OPSSI) que depende de la CESSI⁽⁵⁾. De estas, casi el 60% correspondió a exportaciones de servicios por casi US\$1.800 M (2,3% de las exportaciones totales del país), lo que demuestra su integración al mercado internacional.

López y Ramos (2018) apuntan que los factores que favorecieron esta expansión fueron: i) la disponibilidad de capital humano calificado (aunque siempre por debajo de la demanda); ii) la presencia de varias de las multinacionales que dominan el sector a nivel global; iii) las capacidades empresariales domésticas, tanto por la emergencia de “unicornios” argentinos, como por un número considerable de empresas medianas competitivas; y iv) un marco de políticas favorable, incluyendo incentivos fiscales así como iniciativas de estímulo a la formación de recursos humanos.

Sin embargo, López y Ramos (2018) señalan que la principal forma en la que se da la inserción internacional es mediante la negociación del valor de la hora-hombre destinada a llevar a cabo una programación relativamente indiferenciada o estandarizada, de reducida complejidad y limitado valor agregado con relación a otro tipo de desarrollos de programación más complejos. Erbes y otros (2019) explican que este modelo dificulta la apropiación de valor, ya que la mayor parte de las decisiones corre por cuenta de los clientes que son los que desarrollan las actividades de diseño y arquitectura, más intensivas en conocimientos. Estos contratos son propios de los eslabones de la cadena de producción de software con mayores posibilidades de codificación -y, por ende, mayor competencia internacional-, que principalmente requieren de capacidades de programación. A su vez, son fuertemente dependientes de los costos locales y muy sensibles al tipo de cambio, por lo que en períodos de apreciación las exportaciones caen.

(5) <https://www.cessi.org.ar/descarga-institucionales-2463/documento2-fd9d296ad373ec0973a1d08ee09ba852>

A su vez, la disponibilidad de recursos humanos se está transformando en una variable crítica para apuntalar el crecimiento. Según la CESSI, a principios de 2020 (previo a la pandemia) las empresas preveían aumentar su demanda en 16.000 puestos de trabajo (distribuidos un 60% de desarrollo; 23% calidad-funcional; 7% de infraestructura; y 9% para tareas no tecnológicas). En los últimos años, la demanda de empleo calificado fue satisfecha en un 50%. A su vez, el OPSSI (2018) indica que la tasa de rotación asciende al 30% de la planta y está explicada en un 82% por decisión propia de los empleados que eligen cambiar de lugar de trabajo.

Según lo relevado por el OPSSI, las dos principales actividades, el desarrollo de software a medida (45%) y las ventas de productos y soluciones propias y servicios asociados (21%), explicaron el 66% de las ventas del sector entre 2017 y 2018. A su vez, sus datos muestran que el mayor demandante de software de la Argentina es el sector financiero (que incluye bancos, aseguradoras, servicios de pago electrónico, etc.), que representa un 35% de la facturación. Le siguen: el propio sector SSI (12%), las telecomunicaciones (11%) y el comercio (8%). A nivel internacional, en cambio, es el mismo sector el mayor demandante (con un 33%), a partir de prácticas de *outsourcing*.

Distinto es el escenario en lo que hace al hardware. La industria electrónica cuenta hoy con un entramado de empresas insertado en nichos vinculados a la electrónica industrial y de automatización, las telecomunicaciones, la electromedicina, los instrumentos de control y medición, la microelectrónica, la seguridad electrónica y la informática. Estos rubros mantuvieron el ritmo de desarrollo tecnológico y fueron capaces de innovar, de forma tal de, no solo mantener su porción de mercado local, sino también hacer crecer sus exportaciones (Grasso y Kossacoff, 2015). En particular, el sector se ha visto favorecido por un conjunto de políticas públicas destinadas al desarrollo digital, entre las que destacan la política de demanda de ARSAT, ya sea a través de la construcción de satélites encomendados a INVAP o los programas de Televisión Digital Abierta y Argentina Conectada, que de todos modos perdieron impulso en los últimos años.

Pero la densidad de ese entramado es endeble. Las políticas arancelarias implementadas a mediados de los años 70 revirtieron el crecimiento que el sector insinuaba hasta ese momento. La confluencia con la exponencial sofisticación que la frontera tecnológica experimentó por entonces a nivel mundial dificultó las posibilidades de competencia para la industria local, a tal punto que muchos emprendimientos debieron cerrar y otros subsistieron redireccionando su negocio a la reparación y mantenimiento de equipos. El régimen de fomento a la industria electrónica de consumo en Tierra del Fuego encontró dificultades para generar capacidades en segmentos de la cadena de mayor valor agregado (computadoras y teléfonos móviles), no pudiendo potenciar la articulación con proveedores locales existentes o en desarrollo.

A su vez, la demanda de ingenieros y técnicos con formación especializada en electrónica por parte del sector encuentra algunas dificultades, ya que se trata de profesionales que escasean y a su vez son fuertemente buscados en otras industrias, en particular para las aplicaciones de “software embebido” (Queipo, 2010).

► Desafíos y oportunidades

Aunque el sector del software ha ido ganando complejidad en los últimos años, aún queda un largo camino por recorrer. Resulta cada vez más necesario pasar de un modelo basado en horas hombre, de menor valor agregado y más sensible al tipo de cambio, a uno de venta (y exportación) de productos (López y Ramos, 2019). La implementación de tecnologías 4.0 en la industria nacional genera oportunidades para el desarrollo de soluciones de software y servicios informáticos que podrían catapultar al sector a segmentos de mayor valor agregado, adaptando incluso para el segmento PyME desarrollos de grandes empresas globales. El sector podría proveer soluciones generales y *customizadas* de digitalización y automatización; sistemas para la implementación de IoT; y los relativos al procesamiento de la información, como inteligencia artificial y ciencia de datos. La articulación entre las PyMEs industriales y de servicios, con las startups tecnológicas enriquecería una simbiosis beneficiosa para la economía en su conjunto. Reforzada por el hecho de que el entorno macroeconómico provee condiciones favorables para competir por precio.

No obstante, tal como fuera mencionado, una de las principales restricciones que tiene el sector para seguir creciendo es la disponibilidad de personal capacitado, especialmente en los segmentos de tareas más complejas. Existe amplio consenso, tanto desde el sector público como desde el privado, respecto de la necesidad de promover la formación en habilidades informáticas.

La información proveniente del Sistema de Consultas de Estadísticas Universitarias indica que en 2017 (último año disponible) las tres principales carreras vinculadas al sector sumaban 81.550 alumnos: 78.679 en informática; 2.432 en sistemas; y 439 en computación. Paradójicamente, el número viene cayendo desde 2011, año en que la cantidad de alumnos ascendió a unos 85.000. A su vez, menos de 3.500 alumnos egresaron ese año; cada 23 alumnos, solo uno egresa. La escasez de recursos humanos empuja a las empresas a contratar estudiantes, que luego se ven desmotivados a finalizar sus estudios, y así perdura la falta de trabajadores de alta formación. Adicionalmente, la competencia entre las empresas por el personal capacitado aumenta la tasa de rotación, y desincentiva a las empresas a capacitar a su propio personal, ante la amenaza de que, una vez capacitado, cambie de compañía. Es más, la competencia no se da solo en terreno local, sino también con empresas extranjeras que pagan salarios en dólares.

Por otro lado, la insuficiencia de una oferta local de empresas que brinden servicios especializados en el mantenimiento del paquete tecnológico 4.0 podría convertirse en un límite para su adopción. Pero al mismo tiempo, las empresas de electrónica podrían encontrar en este ámbito un nicho de mercado en el cual progresar. Más aún, muchas de las empresas que operan en este rubro mantienen un modelo de negocios híbrido en el que combinan la oferta de productos propios con otros de terceros, principalmente importados (Queipo, 2010). De allí que la combinación de nichos de mercado sin cubrir en la provisión de tecnologías 4.0, especialmente para PyMEs industriales, con incentivos para la inversión representa una oportunidad para la ampliación de la oferta local.



4. Plan de Desarrollo Productivo Argentina 4.0

Nuestro país forma parte del conjunto de países en vías de desarrollo para los cuales la Revolución 4.0 representa un desafío de magnitud. La ausencia de planificación y políticas públicas activas para la adopción y desarrollo de soluciones 4.0 traería aparejados enormes riesgos en términos de atraso productivo, primarización económica y desempleo. No es posible suponer que el libre juego de las fuerzas del mercado ni la sumatoria de iniciativas individuales generará la incorporación de nuestros sectores productivos al nuevo paradigma. La experiencia internacional demuestra que los procesos de desarrollo exitosos fueron conducidos por Estados activos que diseñaron mecanismos institucionales dinámicos e inteligentes que facilitaron y promovieron la sinergia entre el sector público, el sector privado, el sector académico y los trabajadores.

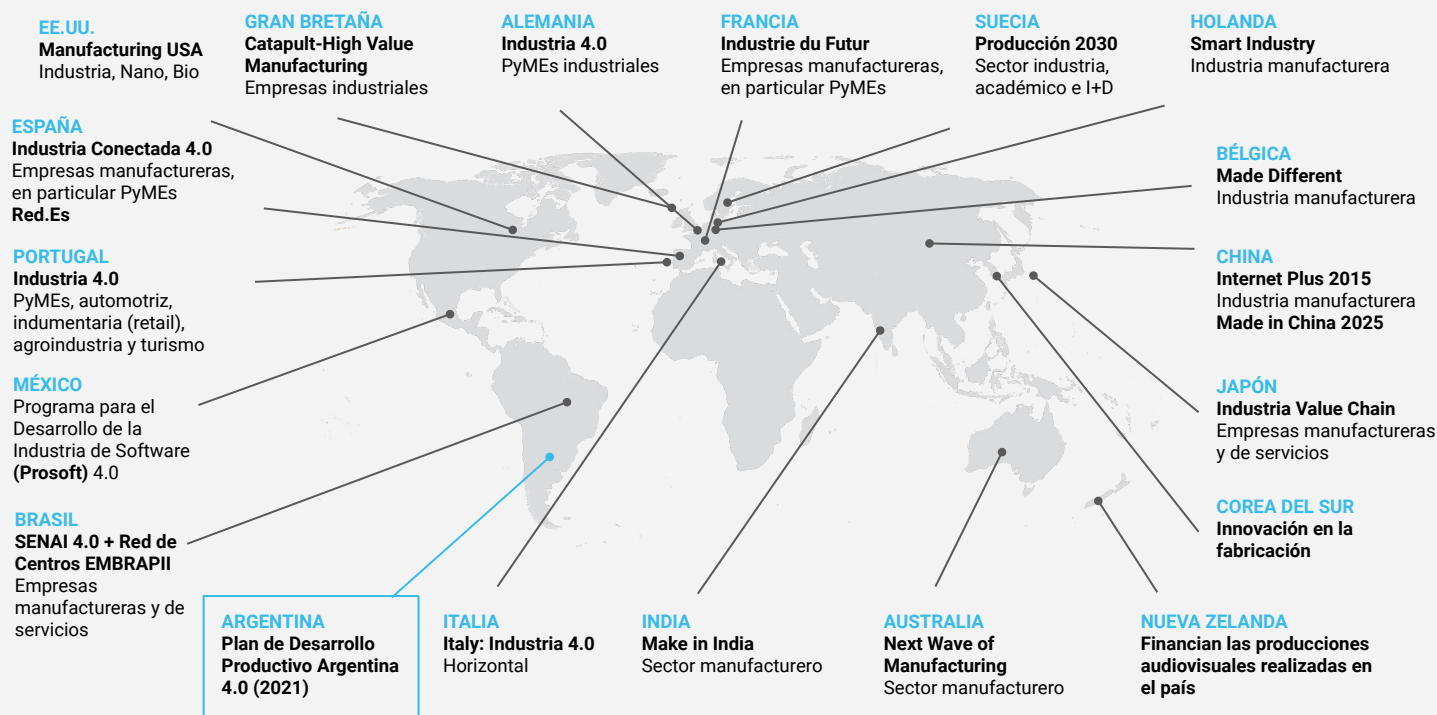
Es por ello que desde el Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación hemos decidido llevar adelante el Plan de Desarrollo Productivo Argentina 4.0, con el fin de impulsar la adaptación de la industria nacional al paradigma 4.0 y promover el desarrollo de soluciones tecnológicas 4.0 en el país, recuperando la experiencia internacional pero basándonos en las particularidades de nuestro entramado productivo, con sus fortalezas y debilidades, para llevar adelante un proceso inteligente que mejore la competitividad de nuestra economía y genere puestos de trabajo de calidad.

4.1. La experiencia internacional

La mayoría de los países desarrollados lleva adelante iniciativas nacionales específicamente orientadas a la transformación digital de la industria: Gran Bretaña, Alemania, Francia, Suecia, Holanda, Bélgica, Estados Unidos, Italia, España, China, Japón, Corea del Sur, Nueva Zelanda y Australia tienen planes estratégicos 4.0. Lo mismo sucede en algunos países en desarrollo, como India, Brasil y México. A dichos planes se suma este Plan de Desarrollo Productivo Argentina 4.0.

A continuación, se destacan algunos aspectos de interés de las experiencias implementadas por las principales naciones industrializadas.

INICIATIVAS NACIONALES DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL PARA LA INDUSTRIA POR PAÍS



Fuente: elaboración propia con base en páginas web de organismos gubernamentales de cada país.

► Experiencias latinoamericanas

Brasil lanzó en 2016 el programa SENAI 4.0, una línea de acción del Servicio Nacional de Aprendizaje Industrial (SENAI) orientada a la promoción de la digitalización y transformación digital en las empresas, donde la adopción de tecnologías 4.0 constituye el estadio más avanzado. Se encuentra inspirado en el diagnóstico de que la inserción en la industria 4.0 debe realizarse a partir de una estrategia basada en la incorporación de tecnologías de bajo costo ya disponibles en el mercado, orientada a producir ganancias de productividad en el corto plazo.

Basada en el modelo ACATECH de Alemania, la trayectoria de madurez sobre la que se estructuran las dimensiones de intervención en el marco del Programa SENAI 4.0 comprende los siguientes estadios:

- 1) Optimización: necesidades vinculadas a la mejora en procesos, orientada a la reducción del desperdicio y a la capacitación en temas 4.0.
- 2) Sensorización y conectividad: oportunidades de mejora vinculadas a la capacidad de monitorear las líneas de producción, orientadas a la implantación de gestión en tiempo real (análisis y toma de decisiones).
- 3) Visibilidad y transparencia: mejoras vinculadas a la posibilidad de integrar los datos emergentes del proceso de sensorización al resto de los indicadores de la empresa y de ponerlos disponibles en la nube.
- 4) Capacidad predictiva: oportunidades vinculadas a la incorporación de soluciones de análisis predictivo (tales como *Big Data* e inteligencia artificial) con el objetivo de conformar escenarios y apoyar los procesos de testeo.
- 5) Flexibilidad y adaptabilidad: sistemas implantados con capacidad de identificación de problemas y de generación de respuestas flexibles a las demandas de clientes de nuevos productos y servicios.

El recorrido de las empresas en el marco del programa se inicia con un cuestionario autoadministrado, que es complementado con entrevistas realizadas por parte del equipo de extensionistas del SENAI. A partir de los resultados, se elabora un plan de acción cuyo foco difiere según el estadio en que se encuentre la empresa.

La dimensión específicamente orientada a la promoción y el apoyo a la generación de nuevas soluciones 4.0 es más reciente en el tiempo. El EMBRAPPII (Empresa Brasileira de Investigación e Innovación Industrial) coordina el Programa Prioritario en IoT/Manufactura 4.0, a través del cual canaliza aportes de las empresas beneficiarias de la Ley de Informática que son contabilizados como parte de sus inversiones en I+D+i. El organismo financia con esos fondos proyectos de 19 centros 4.0 donde participan el sector privado y el académico, certificados para generar desarrollos en computación en la nube, realidad aumentada, interacción multinivel con clientes, digitalización de la producción, sensores inteligentes, inteligencia artificial, seguridad y privacidad de datos, manufactura aditiva, interacción avanzada, tecnología de localización, *Big Data* y análisis de datos.

En el caso de **México**, se destaca el Programa para el Desarrollo de la Industria de Software (Prosoft) 4.0. Es un fondo destinado a consolidar Centros de Innovación Industrial, que brindan asistencia y servicios de consultoría a las empresas para la formación profesional. Los Centros son pensados como redes de infraestructura compartida capaces de adquirir, desarrollar y gestionar recursos que no están disponibles a nivel de las empresas individuales.

► Argentina

Con el nuevo **Plan de Desarrollo Productivo Argentina 4.0**, Argentina se suma a los países que en el mundo y la región buscan generar las condiciones para que su entramado productivo pueda aprovechar este nuevo paquete tecnológico. **Con un total de 56 iniciativas de política pública⁽⁶⁾**, bajo la órbita del Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación, **se busca acompañar a las empresas tanto en el camino de la demanda como de la oferta de soluciones 4.0.**

4.2. Objetivos del Plan de Desarrollo Productivo Argentina 4.0

Los objetivos generales que guían al Plan son impulsar la adaptación del entramado productivo al paradigma 4.0 y promover el desarrollo de soluciones tecnológicas 4.0 en el país. Para su consecución, es necesario cumplir una serie de **objetivos específicos, entre los que se encuentran:**

- **Generar y sistematizar información** sobre la situación tecno-productiva de las PyMEs, en especial las manufactureras.
- **Sensibilizar** al entramado PyME sobre la importancia y el potencial de encarar la transformación hacia el modelo 4.0.
- Adecuar, revalorizar y promover la **formación técnico-profesional** en habilidades 4.0.
- Actualizar las **capacidades de trabajadores y cuadros directivos** para la implementación de modelos productivos 4.0.
- Generar una masa crítica de **profesionales independientes especializados en tecnologías 4.0.**
- Promover la **inversión en soluciones tecnológicas 4.0** por parte de las empresas de la Industria Nacional.

(6) Ver el listado de políticas en el Anexo.

- Fortalecer y articular las **capacidades institucionales —públicas y privadas— para la prestación de servicios tecnológicos y de I+D+i** destinados a la adopción y desarrollo de soluciones 4.0.
- **Identificar y vincular** las demandas de la industria nacional con la oferta nacional de asistencia técnica y soluciones 4.0.
- **Estimular la demanda de herramientas 4.0** por parte de la industria nacional y las empresas desarrolladoras de soluciones 4.0.
- Impulsar el surgimiento de una **nueva base empresarial para el desarrollo y la adaptación local** de soluciones 4.0.
- Inducir esfuerzos de **innovación e internacionalización** en empresas abocadas al desarrollo de soluciones 4.0.
- Incentivar la **especialización** de parte del entramado de empresas de software local en el desarrollo y provisión de soluciones 4.0 para la industria nacional.
- Promover la **asociación** de empresas para el desarrollo de soluciones 4.0 más **complejas**.

El Plan contempla iniciativas que se adecuen a las distintas necesidades que aparecen en el camino de modernización y reconversión de las empresas industriales, así como otras que apuntalen el desarrollo de soluciones 4.0.

4.2.1. El camino de la demanda de soluciones 4.0: modernización y reconversión

El camino se inicia con un estadio de sensibilización y capacitación, donde los demandantes potenciales se interiorizan sobre el nuevo paquete tecnológico. La etapa de autodiagnóstico permite que cada empresa pueda tener un primer diagnóstico a partir del cual puede saber preliminarmente qué nivel de madurez digital alcanza. En la etapa de diagnóstico se profundiza dicho análisis con la ayuda de un profesional especializado, se cotejan las capacidades existentes y se elabora un plan de transformación digital. Las herramientas de financiamiento buscan alentar la inversión para transitar los distintos estadios de ese camino hacia la “empresa 4.0”, que tiene como punto culminante la adopción de soluciones *customizadas* y la transformación del modelo de negocios.

EL CAMINO DE MODERNIZACIÓN Y RECONVERSIÓN 4.0. DEMANDA DE SOLUCIONES 4.0



Sensibilizar



Autodiagnosticar



Diagnosticar



Capacitar



Planificar



Asistir



Vincular



Invertir



Innovar

4.2.2. El camino del desarrollo de soluciones 4.0: oferta de soluciones nacionales

El fondeo y la asistencia técnica para el surgimiento de nuevas empresas y la interacción con los centros tecnológicos y de innovación para ser asistidas en el desarrollo de nuevas soluciones 4.0 constituyen la plataforma de acompañamiento en las etapas tempranas. La vinculación con demandantes y el financiamiento para la puesta a punto y/o el escalado de soluciones buscan facilitar la llegada al mercado.

EL CAMINO DEL DESARROLLO DE SOLUCIONES 4.0. OFERTA DE SOLUCIONES NACIONALES 4.0



4.3. Funciones y áreas de intervención

Las acciones del Plan de Desarrollo Productivo Argentina 4.0 se organizan en torno a las siguientes funciones:

- **Sensibilización y capacitación:** difusión de tecnologías 4.0 y su aplicación práctica, contribución para el desarrollo de habilidades y competencias en los distintos actores del entramado productivo.
- **Asistencia técnica:** asesoramiento para la adopción y desarrollo de soluciones 4.0.
- **Apoyo a la inversión:** financiamiento para la adopción o desarrollo de soluciones 4.0.
- **Infraestructura institucional:** creación y/o fortalecimiento de espacios institucionales que gestionen los procesos de difusión y/o provean servicios de asistencia para la adopción y desarrollo de tecnologías 4.0.

Asimismo, las intervenciones se organizan en torno a cuatro áreas:

- **Demanda de soluciones 4.0:** empresas que llevarán adelante procesos de modernización (incorporación de tecnologías 4.0 genéricas en procesos y en productos) y reconversión (adopción de tecnologías 4.0 customizadas que transformarán los modelos de negocios).
- **Oferta de soluciones 4.0:** actores que proveerán soluciones 4.0 genéricas o customizadas.
- **Soluciones transversales 4.0:** iniciativas que pueden contribuir tanto a implementar procesos de modernización tecnológica como a desarrollar soluciones 4.0.
- **Articulación:** empresas demandantes y oferentes de soluciones 4.0 reunidos en espacios de interacción y articulación para construir soluciones customizadas.

4.4. Presupuesto

El presupuesto total que contempla el Plan de Desarrollo Productivo Argentina 4.0 es de **\$12.522 M**. Del monto total, \$1.176 M se destinarán a sensibilización y capacitación, \$3.249 M a asistencia técnica, \$6.091 M a apoyo a la inversión y \$2.006 M a infraestructura institucional⁽⁷⁾.



La **Secretaría de la Pequeña y Mediana Empresa y los Emprendedores (SEPYME)** invertirá un presupuesto de **\$8.769 M** que destinará a Sensibilización y capacitación (\$226 M), Asistencia técnica (\$3.065 M), Apoyo a la inversión (\$4.359 M) e Infraestructura institucional (\$1.119 M).

La **Secretaría de Industria, Economía del Conocimiento y Gestión Comercial Externa (SIECyGCE)** - Subsecretaría de Economía del Conocimiento (SsEC) y Subsecretaría de Industria (Ssl) - contará con **\$2.941 M** para Sensibilización y capacitación (\$879 M), Asistencia técnica (\$50 M), Apoyo a la inversión (\$1.731 M) e Infraestructura institucional (\$281 M).

El **Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI)**, por su parte, dispondrá de **\$812 M** de los cuales destinará \$72 M para Sensibilización y capacitación, \$606 M al fortalecimiento de su capacidad de prestación de servicios (Infraestructura institucional) y \$134 M para Asistencia Técnica.

4.5. Metas e impacto esperado del Plan

Las metas que propone el plan en la función **Sensibilización y capacitación** incluyen la realización de 255 cursos y talleres para la formación de capital humano en transformación digital, la capacitación de 5.505 MiPyMEs, 5.800 MiPyMEs con autodiagnóstico de madurez digital, y 9.300 personas formadas en habilidades informáticas y programación. Algunas iniciativas proponen metas específicas para un mayor desarrollo federal apuntando a alcanzar 110 gobiernos locales.

En lo que respecta a la función de **Asistencia técnica**, se prevé alcanzar a 2.115 MiPyMEs y 3.080 proyectos con asistencias técnicas en innovación tecnológica, transformación digital y tecnologías Kaizen 4.0. Asimismo, se pretende lograr 80.000 ingresos a la Red de Asistencia Digital que articula colaboración público-privada en soluciones tecnológicas, servicios y herramientas para PyMEs.

En cuanto a la función de **Apoyo a la inversión**, el Plan alcanzará a 540 MiPyMEs y más de 250 proyectos que recibirán financiamiento a través de créditos, ANR y bonificación de tasas para soluciones 4.0.

(7) Para el cómputo del presupuesto total se consideraron los montos asignados dentro del presupuesto 2021 para la jurisdicción (DA 4/2021), así como también partidas plurianuales provenientes de fuentes de financiamiento externas, proyectadas para 2021-2023. Para los montos estimados en dólares se tomó el tipo de cambio informado por Min. Economía: \$102,4. Durante 2021, la distribución será: \$902 M en sensibilización y capacitación, \$2.040 M en asistencia técnica, \$2.364 M a apoyo a la inversión y \$1.135 M en infraestructura institucional.

En relación a la función de **Infraestructura institucional** se beneficiarán 20 proyectos en parques industriales y tecnológicos para el fortalecimiento de sus capacidades tecnológicas, y se financiará la creación o mejora de 3 centros tecnológicos. Además, se conformarán 15 Unidades de Transformación Digital que brindarán asistencia técnica a 450 PyMEs para la elaboración de sus planes. Por último, se beneficiarán 30 proyectos 4.0 colaborativos.

La implementación exitosa del Plan permitirá a nuestro país incorporarse a la transformación digital 4.0. Entre los resultados esperados se encuentra un incremento de la productividad industrial y una reducción de la brecha de productividad respecto a países desarrollados y entre tamaños de empresas. Los resultados (respecto de un escenario de no adopción) incluirán la preservación de empresas y empleos industriales, la creación de “empleos del futuro” y el surgimiento de nuevas empresas especializadas en provisión de soluciones 4.0. De producirse los resultados esperados, nuestro país generará crecientes exportaciones de soluciones 4.0 a la región y reducirá las importaciones industriales y de soluciones 4.0, generando un impacto positivo en la balanza comercial. Por último, se espera que se fortalezca un entramado de empresas de software especializado en segmentos de mayor valor agregado y el *reshoring* de producciones en fabricaciones de series cortas.

4.6. Las iniciativas

El Plan de Desarrollo Productivo Argentina 4.0 fomentará la adopción y creación de soluciones 4.0 en todo el entramado productivo, acompañando a las empresas que aún no han dado sus primeros pasos en este camino, a aquellas cuya incorporación de tecnologías 4.0 es reciente e incipiente, y a las que las han adoptado exitosamente. También trabajará con actores e instituciones que provean soluciones 4.0, y generará espacios de articulación entre oferentes y demandantes.

A continuación **presentamos el conjunto de iniciativas que se llevarán adelante, agrupadas según función y área de la intervención**⁽⁸⁾. En particular, se distingue entre aquellas que están orientadas tanto a oferentes como a demandantes de soluciones 4.0, las iniciativas transversales y las que tienen por objetivo generar articulación entre ellos. En el Anexo se detallan con mayor profundidad cada una de las iniciativas.

(8) Dentro de cada área y función, se presenta primero el nombre del programa general y debajo la iniciativa puntual.

4.6.1. Sensibilización y capacitación

La mayoría de las empresas argentinas (sobre todo las pequeñas y medianas) no han incorporado tecnologías 4.0 a sus procesos y productos. En muchas de ellas prevalecen aún los procedimientos analógicos, incluso en las áreas de contabilidad. Para ese universo amplio y heterogéneo, es necesario llevar adelante políticas de sensibilización y capacitación: dar a conocer las herramientas disponibles, comenzar a pensar cómo incorporarlas y brindar las herramientas para su adopción.

► Demanda

Programa Piloto para la Transformación Digital del Sector Productivo Argentino

Formación capital humano en habilidades 4.0

INTI 4.0

Implementación de soluciones digitales en la industria

Programa Crédito Fiscal

Reintegros en capacitaciones de Transformación Digital

Oficios 4.0

Transformación Digital PyME

Talleres de sensibilización sectoriales en Transformación Digital

INTI 4.0

Transformación digital y adopción de tecnologías 4.0

Capacitar

Seminario Transformación Digital

Transformación Digital PyME

Herramienta medición madurez digital

INTI 4.0

Desarrollo conjunto de soluciones tecnológicas y la capacitación de RRHH

Capacitación 4.0 y Economía del Conocimiento para Municipios

► Oferta

Argentina Programa

Capacitación 4.0

Incluir 4.0

► Transversal

Actualizar 4.0

Desarrollo y Promoción de la Economía del Conocimiento

Capacitación 4.0

INTI 4.0

Diplomatura 4.0 con INCALIN - UNSAM-INTI

4.6.2. Asistencia Técnica

Para aquellos actores que ya conocen el paquete tecnológico 4.0 y deben tomar decisiones sobre cómo y dónde implementarlo, el Plan cuenta con una serie de herramientas de Asistencia Técnica para orientarlos en ese proceso, enfocadas en la adopción de tecnologías genéricas o soluciones customizadas. Aquí también habrá instancias para oferentes y demandantes, así como políticas transversales e instancias de articulación.

► Demanda

Red de Asistencia Digital para Pymes

Registro de la Red

Programa Piloto para la Transformación Digital del Sector Productivo Argentino

Innovación tecnológica

PAC Empresas

Tecnologías de Gestión Kaizen 4.0

PAC Empresas

Transformación Digital

Programa Nacional de Desarrollo de Proveedores

Soluciones de Industria 4.0

INTI 4.0

Diagnóstico de Productividad 4.0

► Oferta

Plataforma INDTech 4.0

IND Ar 4.0

► Transversal

Registro de Articuladores de la EDC

Articuladores tecnológicos

INTI 4.0

Maquinaria Agrícola 4.0

INTI 4.0

Realidad Aumentada

INTI 4.0

Robótica

► Articulación

Red de Asistencia Digital para Pymes

Catálogo de vinculación de Oferta y Demanda

4.6.3. Apoyo a la inversión

La velocidad de los cambios que conlleva el Paradigma 4.0 genera incertidumbre en los distintos actores que conforman el entramado productivo. A esa inestabilidad se le suman los problemas estructurales de financiamiento que enfrentan nuestras empresas, sobre todo las pequeñas y medianas. Es por ello que el Plan incorpora entre sus prioridades herramientas de apoyo a la inversión para facilitar el salto productivo. Asimismo, se incorpora un componente vinculado a fomentar la inversión en infraestructura digital para aumentar la cantidad de empresas PyMES en condiciones de digitalizarse.

► Demanda

Programa Nacional de Desarrollo de Proveedores

Soluciones de Industria 4.0

Créditos para inversiones con capital de trabajo asociado para licenciatarios de servicios de TIC

Programa Piloto para la Transformación Digital del Sector Productivo Argentino

Créditos para Transformación 4.0

Crédito para Despegue 4.0 FONDEP-BNA

Producción colaborativa de economía del conocimiento

Proyectos 4.0

Potenciar

Proyectos 4.0

► Oferta

PAC Emprendedores

Innovación

► Transversal

Desarrollo y Promoción de la Economía del Conocimiento

Soluciona

Proyectos 4.0

► Articulación

Red de Asistencia Digital para Pymes

Catálogo de vinculación de Oferta y Demanda

Nodos de la EDC

Co-desarrollo “Incentivar Conocimiento”

4.6.4. Infraestructura institucional

La travesía de mediano y largo plazo que supone la transformación que habrán de transitar las empresas industriales demanda también el cambio y fortalecimiento del subsistema tecnológico de apoyo a la innovación productiva y organizacional, así como la articulación estratégica público-privada. Con ese fin, el Ministerio de Desarrollo Productivo impulsará las siguientes iniciativas en 2021.

► Transversal

INTI 4.0

Big Data

PROCER + Programa Piloto para la Transformación Digital del Sector Productivo Argentino

Centros Tecnológicos

PROCER

Centros Tecnológicos

INTI 4.0

Certificados Digitales

INTI 4.0

Ciberseguridad

Construir Conocimiento

INTI 4.0

Despliegue 5G

INTI 4.0

Digitalización de servicios

INTI 4.0

Gemelos Digitales

Plataforma INDTech 4.0

IndTech Lab

INTI 4.0

Infraestructura de fibra óptica Parque Tecnológico Miguelete

INTI 4.0

Internet de las cosas

INTI 4.0

Manufactura aditiva

Transformación Digital PyME

Unidades de Transformación Digital

INTI 4.0

Metrología de Sistemas

► Articulación

Emprendedores para Transformación Digital

Red de Asistencia Digital para Pymes



5. **Anexo: Iniciativas del Plan de Desarrollo Productivo Argentina 4.0**

A continuación presentamos el conjunto de 56 iniciativas contempladas en el Plan de Desarrollo Productivo Argentina 4.0.

Se presenta el nombre de la iniciativa y el programa que la enmarca; la función; el área de intervención (demanda 4.0, oferta 4.0, transversales, de articulación); la unidad funcional de la que depende; y una pequeña descripción de sus características.

Formación de capital humano en habilidades 4.0

Programa Piloto para la Transformación Digital del Sector Productivo Argentino

Sensibilización y capacitación

Demanda 4.0

SePyME

Esta iniciativa tiene dos subcomponentes:

1) El programa de formación buscará realizar 20 cursos para formación de expertos en Industria 4.0, entregar becas y pasantías dirigidas a expertos y formadores, y conformar una Red de Expertos 4.0 para el desarrollo de plataformas de *networking* y de una base de datos de asesores acreditados.

2) Se planificó la capacitación de 1.000 empresas a través de 50 talleres de sensibilización, 100 cursos de capacitación a empresarios y trabajadores, 10 talleres sectoriales de digitalización, plataformas de *networking* y 6 misiones tecnológicas de la industria 4.0 en los próximos 4 años con un presupuesto de US\$1,45 M. Para este componente se prevé ejecutar US\$20 mil en 2021 y US\$0,8 M en 2022.

La iniciativa contará con una inversión de US\$2,05 M en su totalidad.

Talleres de sensibilización sectoriales en Transformación Digital

Transformación Digital PyME

Sensibilización y capacitación

Demanda 4.0

SePyME

Talleres para MiPyMEs sobre los beneficios de la Transformación Digital (TD) en los sectores a los que pertenecen, dictados por Unidades de Transformación Digital. Se realizarán 45 talleres para 1.350 MiPyMEs sobre los beneficios de integrar TD; y 30 talleres de sensibilización y capacitación para 1.500 MiPyMEs sobre las transiciones tecno-productivas que se están produciendo en el mundo con la emergencia de la digitalización, facilitando la comprensión de la MiPyME de cuál es su nivel de madurez digital y ofreciéndole recomendaciones para que pueda incrementar sus capacidades tecnológicas y organizacionales. Contarán con la colaboración de redes de cooperación locales conformadas alrededor de nodos sectoriales y territoriales seleccionados. Comenzarán en el segundo trimestre de 2021.

Herramienta medición madurez digital

Transformación Digital PyME

Sensibilización y capacitación

Demanda 4.0

SePyME-INTI

Herramienta de autodiagnóstico online desarrollada en el marco de INDTech, para medición de la transformación digital de MiPyMEs con base en especificaciones y estándares definidos de gestión, evaluación, mejoras de productividad elaboradas en articulación con instituciones públicas y privadas. En conjunto con UIA, ADIMRA, AGENCIA I+D+i, CADIEEL. Se lanzará en el segundo trimestre de 2021 y alcanzará a 5.800 MiPyMEs.

Implementación de soluciones digitales en la industria

INTI 4.0

Sensibilización y capacitación

Demanda 4.0

INTI

Convenios con cámaras, asociaciones empresariales y empresas para el desarrollo de soluciones digitales y la implementación de planes de adopción (e.g.: CESSI, CADIEEL, Siemens Argentina) de manera conjunta entre INTI y el Ministerio de Desarrollo Productivo.

Transformación digital y adopción de tecnologías 4.0

INTI 4.0

Sensibilización y capacitación

Demanda 4.0

INTI

Convenios con cámaras, asociaciones empresariales y gobiernos provinciales para la aplicación de la herramienta de Diagnóstico y productividad 4.0 a nivel sectorial o regional (e.g.: ADIMRA, Gobierno de Córdoba, otros.) y la implementación de planes de adopción de manera conjunta entre INTI y el MDP.

Desarrollo conjunto de soluciones tecnológicas y capacitación de RRHH

INTI 4.0

Sensibilización y capacitación

Demanda 4.0

INTI

Convenios con universidades e institutos de investigación para la realización de desarrollos conjuntos y la capacitación de RRHH (e.g.: Universidad Nacional de La Plata, Universidad Nacional de San Juan).

Reintegros en capacitaciones de Transformación Digital

Programa Crédito Fiscal

Sensibilización y capacitación

Demanda 4.0

SePyME

Capacitación en transformación digital para cooperativas de trabajo, adquisición de equipamiento de capacitación para instituciones de apoyo y capacitación para la promoción de grupos asociativos MiPyMEs. Reintegros del 35 al 100% mediante la emisión de un certificado electrónico de crédito fiscal utilizable para la cancelación de impuestos nacionales (a las Ganancias, al Valor Agregado, a los Débitos y Créditos, aduaneros, entre otros) para proyectos de capacitación de hasta 12 meses de duración.

Las capacitaciones pueden ser abiertas, cerradas o asistidas, y alcanzan al personal de la PyME, a proveedores, a grupos asociativos o instituciones de territorio. Pueden participar grandes empresas (como cedentes). Monto asignado 2021: \$14 M. Alcance: 55 PyMEs.

Seminario Transformación Digital

Capacitar

Sensibilización y capacitación

Demanda 4.0

SePyME

Curso integral e introductorio en transformación digital para introducir y capacitar aproximadamente a 1.600 PyMES en los principales procesos: gestión de compras y proveedores, gestión comercial (marketing y ventas), gestión de stock y distribución, gestión de la operación, gestión del negocio. Consta de cinco encuentros, comenzará en febrero de 2021 y tendrá un alcance de 1.600 PyMEs. Monto asignado: \$2,2 M

Capacitación 4.0 y Economía del Conocimiento para Municipios

Sensibilización y capacitación

Demanda 4.0

SsEC

Financiamiento de proyectos de desarrollo de capital humano en actividades de la economía del conocimiento ligados a las necesidades del sector productivo. Durante 2020 se financiaron actividades formativas en impresión 3D, automatización de procesos industriales, análisis y modelado de datos, digitalización, uso de maquinarias de alta complejidad, comercio electrónico y marketing. El objetivo de este año es beneficiar a 110 gobiernos locales y ejecutar ANR por un monto total de \$77 M.

Oficios 4.0

Sensibilización y capacitación

Demanda 4.0

SsEC

Programa para la formación de oficios ligados a actividades de la economía del conocimiento. En este programa, y en particular para la industria 4.0, se está avanzando en dos direcciones:

- 1) Formación en 4.0 para mandos altos y medios en empresas, con foco en inducción sobre tecnologías aplicables en distintos procesos que faciliten la definición funcional de las soluciones necesarias.
- 2) Formación en la gestión de tecnologías ligadas a procesos 4.0 por rama productiva.

Presupuesto 2021: \$47,5 M. Meta 2021: alcanzar a 4.000 beneficiarios certificados totales, de las cuales 2.000 sean beneficiarias certificadas mujeres.

Capacitación 4.0

Argentina Programa

Sensibilización y capacitación

Oferta 4.0

SsEC

El programa está articulado en dos instancias de formación, ambas con certificación de la CESSI. En la primera, el contenido está enfocado en la introducción a la programación (2 meses) y en la segunda, en habilidades concretas de programación para formar perfiles full stack junior (4 a 6 meses). La formación se dará de forma continua y por cupos, las personas certificadas de los dos primeros cursos de introducción a la programación serán las primeras en comenzar la segunda etapa.

Participarán activamente en calidad de tutores representantes del sector productivo (CESSI + polos y clusters), de este modo se busca trabajar sobre el componente de empleabilidad durante el dictado del curso y lograr mayor compromiso del universo a formar. El programa en su totalidad contará con un presupuesto de \$408 M y se prevé que el 3% del total estará destinado al desarrollo 4.0, es decir, 1.950 inscriptos y 300 certificados, con un presupuesto de \$4,5 M.

Incluir 4.0

Sensibilización y capacitación

Oferta 4.0

SsEC

La iniciativa buscará, a través del financiamiento a programas formativos (mediante ANR), realizar instancias de formación profesional en temáticas de la economía del conocimiento e industria 4.0 para poblaciones vulnerables. Se espera generar programas en 10 provincias, capacitar 2.500 beneficiarios, de los cuales 1.500 sean mujeres, y ejecutar los \$45 M del presupuesto asignado.

Actualizar 4.0

Sensibilización y capacitación

Iniciativas transversales

SsEC

Capacitación en habilidades informáticas básicas y en técnicas de programación. La iniciativa se realizará a través de una alianza con Microsoft para capacitar a cerca de 1.250.000 personas en los próximos cinco años con el objetivo de estimular el desarrollo de habilidades relacionadas con la economía digital, mejorar el acceso a empleos de calidad y crear oportunidades en el país. Se espera en 2021 alcanzar los 2.500 capacitados, 10 provincias con el programa y 200 tutores formados.

Capacitación 4.0

Desarrollo y Promoción de la Economía del Conocimiento

Sensibilización y capacitación

Iniciativas transversales

SsEC

Exención impositiva para empresas que inviertan en capacitación 4.0. La ley de economía del conocimiento establece la posibilidad de que aquellas empresas que incorporen tecnologías 4.0 en sus procesos productivos puedan aplicar al régimen promoviendo específicamente esa parte de su empresa dentro de los beneficios contemplados. Se espera que se inscriban 600 personas físicas y/o jurídicas en el Registro Nacional de Beneficiarios del Régimen de Promoción de la Economía del Conocimiento y aumentar un 20% la contratación de mujeres y géneros disidentes en las nóminas de los beneficiarios. El monto asignado para 2021 es de \$705 M.

Diplomatura 4.0 con INCALIN - UNSAM

INTI 4.0

Sensibilización y capacitación

Iniciativas transversales

INTI

Lanzamiento de una diplomatura en tecnologías propias de Industria 4.0, implementación de una *Learning Factory* 4.0 para capacitación y formación de Ingenieros con orientación en Calidad e Innovación Industrial 4.0. Se espera invertir USD700 mil en la ejecución del plan.

Registro de la Red de Asistencia Digital para Pymes

Asistencia Técnica

Demanda 4.0

SePyME

Se generará un formulario de registro para relevar demandas en materia de digitalización y ofrecer asistencia personalizada de un profesional (que podrá ser ayuda online o perfil SEPyME, a definir) y vincularla a soluciones tecnológicas que se ajusten a la medida de la PyME, en relación con el sector y territorio donde desarrolla su actividad. Tendrá un alcance de 400 PyMEs.

Innovación tecnológica

Programa Piloto para la Transformación Digital del Sector Productivo Argentino

Asistencia Técnica

Demanda 4.0

SePyME

ANR para financiar innovación a través de asistencias técnicas para diagnósticos o autodiagnósticos, preparación de planes de acción para la transición, implementación de las acciones del plan de transformación digital ciberseguridad, formación de unidades de innovación, participación en proyectos internacionales. La iniciativa tendrá un alcance de 200 PyMEs y un presupuesto para los próximos 4 años de US\$10,4 M. En 2021 no se prevé ejecución y para 2022 están asignados US\$2,94 M.

Tecnologías de Gestión Kaizen 4.0

PAC Empresas

Asistencia Técnica

Demanda 4.0

SePyME

Financiamiento de proyectos de mejoras de gestión. En agosto de 2020 se lanzó la última convocatoria para proyectos de metodología Kaizen y tecnologías asociadas. Los proyectos de nivel 3 (hasta \$224 mil en ANR) y 4 (hasta \$335 mil en ANR) pueden digitalizar procesos del sistema productivo, en especial aquellos que impulsen la adopción de sistemas ciber físicos, Internet de las Cosas, Big Data análisis de macrodatos, computación en la nube e inteligencia artificial. Para 2021 se espera que tenga un alcance de 1.500 PyMEs y un presupuesto de \$500 M.

Transformación Digital

PAC Empresas

Asistencia Técnica

Demanda 4.0

SePyME

Asistencia técnica en sistemas de gestión digital (PAC). Ventanilla abierta a la presentación de proyectos de Transformación Digital. Monto máximo por proyecto \$1,5 millones para asistencia técnica y compras asociadas - monto pedido promedio de \$600 mil. Se estima alcanzar a 3.000 proyectos

Soluciones de Industria 4.0

Programa Nacional de Desarrollo de Proveedores

Asistencia Técnica

Demanda 4.0

Ssl - INTI

El programa busca desarrollar empresas locales a fin de contribuir al impulso de una mayor y más profunda industrialización, diversificación de la matriz productiva interna y promoción de la productividad y competitividad. En el campo de la industria 4.0, otorga asistencia técnica para el diagnóstico de oportunidades de mejora productiva, gestión tecnológica, capacitación de personal u otras actividades, por un máximo de \$1,5 M por proyecto. La asistencia técnica será brindada por INTI u otro organismo técnico. El Programa cubre entre el 70% y el 100% de la AT para empresas. Se espera alcanzar 15 empresas, por un monto de \$10 M.

Diagnóstico de Productividad 4.0

INTI 4.0

Asistencia Técnica

Demanda 4.0

INTI

Asistencia técnica para la implementación de proyectos de mejora continua en PyMEs, mediante la digitalización del monitoreo de productividad. Información en tiempo real sobre productividad en sectores productivos seleccionados. Implementación de mejoras de procesos en sectores productivos seleccionados. Se espera invertir USD260.000 en la ejecución del plan.

IND Ar 4.0

Plataforma INDTech 4.0

Asistencia Técnica

Oferta 4.0

SEPYME

Proceso de aceleración de nuevas empresas y vinculación con clientes: asistencia técnica especializada, workshops, mentoreo, espacios de vinculación y acompañamiento en rondas de negocios a nivel local e internacional. En 2021 se espera alcanzar los 20 proyectos.

Articuladores tecnológicos

Registro de Articuladores de la EDC

Asistencia Técnica

Iniciativas transversales

SsEC

Programa de asistencia técnica para diagnóstico, identificación de oportunidades de mejora, diseño de proyectos de innovación y prospectiva. La iniciativa se sustenta sobre la base del Registro de Articuladores de la Economía del Conocimiento, que incluye personas físicas con formación académica y experiencia profesional en gestión de proyectos, y empresas de la economía del conocimiento. El objeto del registro es consolidar un esquema de profesionales que faciliten la federalización de las herramientas de apoyo y la detección de proyectos estratégicos regionales. Se espera alcanzar en 2021 las 60 asistencias técnicas por un presupuesto de \$ 40 M.

Maquinaria Agrícola 4.0 - INTI 4.0

Asistencia Técnica

Iniciativas transversales

INTI

Iniciativa orientada a: evaluación y validación de paquetes tecnológicos utilizados en maquinaria agrícola y transporte mediante pruebas de campo y laboratorio; desarrollo de proveedores locales de equipos de adquisición y sensado para el sector de maquinaria agrícola y transporte; prospectiva sobre el impacto del paradigma Industria 4.0 en el sector de maquinaria agrícola y transporte. Se espera invertir USD300.000 en la ejecución del plan.

Realidad Aumentada

INTI 4.0

Asistencia Técnica

Iniciativas transversales

INTI

Iniciativa orientada a: asistencia técnica a desarrolladores para implementar soluciones en la industria; aplicaciones de realidad mixta para el ámbito industrial (asistencia remota, mantenimiento de equipos, etc.); servicios de asistencia técnica y desarrollos específicos que no pueden realizar proveedores nacionales por falta de capacidades tecnológicas. Se espera invertir USD300.000 en la ejecución del plan.

Robótica

INTI 4.0

Asistencia Técnica

Iniciativas transversales

INTI

Iniciativa orientada a: asistencia técnica para el desarrollo de normativa y regulaciones; certificación de seguridad y buenas prácticas en implementaciones robóticas; entornos de prueba de soluciones previo a su implementación en la industria; procesos de corte y soldadura robotizados; sistemas de interpretación de imágenes en procesos industriales; desarrollo de gemelos digitales para procesos industriales de PyMEs; capacitación y asistencia técnica en diseño y cálculo estructural; asesoramiento en materiales y vinculación de módulos estructurales; programación y ajuste de movimientos y parámetros de soldadura. Se espera invertir USD450.000 en la ejecución del plan.

Catálogo de vinculación de Oferta y Demanda

Red de Asistencia Digital para Pymes

Asistencia Técnica

Iniciativas de articulación

SePyME

Espacio de colaboración público-privada. Presenta la oferta de soluciones y herramientas, que las cámaras y empresas tecnológicas ponen a disposición de las MiPyMEs en el marco de la Red, que permitan impulsar la actividad económica. Se trata de un catálogo dinámico, que incorporará nuevos aportes y colaboraciones de cámaras, empresas y organismos del Estado. Los ejes principales son el trabajo a distancia, la conectividad, el comercio electrónico, la logística y todos los temas vinculados a capacitación. Se estiman 80.000 ingresos.

Crédito para Despegue 4.0 FONDEP-BNA

FONDEP- Créditos con bonificación de tasa

Apoyo a la Inversión

Demanda 4.0

SePyME

Financiamiento con tasa subsidiada para la adquisición de bienes de capital o capital de trabajo, y para la implementación de proyectos de industria 4.0. Priorización de proyectos con Plan de Transformación Digital (Transformación Digital PyME, PAC Transformación Digital). Potenciales gastos financiables: sensores para IOT, software para sistemas de gestión/producción, software para recolección de datos, robot colaborativo, robótica avanzada, software para conectividad de robots, impresora 3D, simulador virtual, simulador realidad aumentada, notebooks, routers, kits para recolección de datos, software de Big Data y analítica predictiva, computación en la nube, sistemas digitalizados de picking/otros + software de minería de datos, GPS interior, CRM integrado para múltiples canales, sistemas de software y hardware. Alcance de 400 PyMEs. Se destinarán \$112 M vía FONDEP para subsidio de tasas. El monto total que disponibilizará el BNA para créditos será de \$1.000 M.

Créditos para Inversiones con capital de trabajo asociado para licenciarios de servicios de TIC

Apoyo a la Inversión

Demanda 4.0

SEPYME

Créditos (BNA) para Micro, Pequeñas y Medianas Empresas, y Cooperativas de Servicios que cuenten con Licencia de Servicios de TIC y registro de Servicio de Valor Agregado (SVA). El ENACOM realiza la evaluación técnica de cada proyecto y emite un Certificado de Elegibilidad. Se financiarán proyectos de inversión con capital de trabajo asociado a una tasa final de 12% por un monto de hasta \$15 M. Se busca ampliar el acceso a la conectividad necesaria para la adopción de las PyMEs manufactureras

Créditos para Transformación 4.0

Programa Piloto para la Transformación Digital del Sector Productivo Argentino

Apoyo a la Inversión

Demanda 4.0

SePyME

Financiamiento destinado a la adquisición de hardware y software para la implementación de proyectos de industria 4.0. Los créditos se otorgarán a través de bancos comerciales y BICE, convenios mediante (pueden ser crédito o tasas subsidiadas), y tendrán los siguientes gastos financiables:

- Adquisición de maquinaria y/o equipamiento avanzado (hardware y software) para la implementación de proyectos de industria 4.0 de carácter individual, bilateral, colaborativo e internacional.
- Ciberseguridad Industrial. Apoyo a la convergencia e integración de los sistemas de protección ante ciberataques.
- Incorporación de soluciones digitales novedosas y de Industria 4.0.

Se espera alcanzar las 100 PyMEs con un presupuesto a 4 años de US\$31 M (US\$300.000 promedio por empresa). En 2021, se encuentran comprometidos \$2.600 M. Para 2022 se prevé ejecutar US\$8,8 M

Proyectos 4.0

Potenciar

Apoyo a la Inversión

Demanda 4.0

SsEC

Asistencia financiera a empresas e instituciones de carácter público o privado que presenten proyectos destinados a consolidar sectores estratégicos, aumentar las exportaciones y sustituir las importaciones. Alcance 2021 de 7 proyectos financiados a través de ANR y subsidio de tasa con un presupuesto total de \$225 M.

Proyectos 4.0

Producción colaborativa de Economía del conocimiento

Apoyo a la Inversión

Demanda 4.0

SsEC

Asistencia financiera a empresas e instituciones que presenten proyectos en forma colaborativa y conjunta donde cada empresa o institución desempeñe una actividad de la EDC diferente. El programa ofrece financiamiento por hasta \$50 M con créditos bancarios (con subsidio de tasa) y hasta \$24 M en ANR. La incidencia estimada de proyectos que implementan actividades de industria 4.0 es del 25% del total de actividades que financia el programa. Se prevé financiar 5 proyectos con un presupuesto de \$33 M en 2021 para el desarrollo 4.0.

Soluciones de Industria 4.0

Programa Nacional de Desarrollo de Proveedores

Apoyo a la Inversión

Demanda 4.0

SsI

El programa busca desarrollar empresas locales a fin de contribuir al impulso de una mayor y más profunda industrialización, diversificación de la matriz productiva interna y promoción de la productividad y competitividad. Asistencia financiera para soluciones 4.0: Aportes No Reembolsables de hasta \$40 M por proyecto. Bonificación de tasa de hasta 12 puntos porcentuales para proyectos de industria 4.0, en créditos por hasta \$200 M. Se entiende por proyectos 4.0 las inversiones que implementen tecnologías tales como inteligencia artificial, robótica e internet industrial, internet de las cosas, sensores, manufactura aditiva, realidad aumentada y virtual. Se estima alcanzar a 40 empresas, por un monto de \$552 M.

Innovación

PAC Emprendedores

Apoyo a la Inversión

Oferta 4.0

SePyME

ANR a proyectos por monto de plan presentado. El objetivo es potenciar a emprendedores que introduzcan soluciones basadas en las nuevas tecnologías de la industria 4.0, de alto impacto y escalables, y que contribuyan al desarrollo productivo del país. Alcance de 100 proyectos y monto asignado de \$170 M.

Desarrollo y Promoción de la Economía del Conocimiento

Apoyo a la Inversión

Iniciativas transversales

SsEC

Otorga beneficios impositivos para procesos de adopción de tecnologías 4.0 (Big Data, machine learning, Inteligencia artificial, Internet de las cosas, robótica). La Ley de Economía del Conocimiento establece la posibilidad de que aquellas empresas que incorporen tecnologías 4.0 en sus procesos productivos puedan aplicar al régimen promoviendo específicamente esa parte de su empresa dentro de los beneficios contemplados. Estimado: \$500 M sobre el volumen total de beneficios otorgados.

Proyectos 4.0

Soluciona

Apoyo a la Inversión

Iniciativas transversales

SsEC

Financiamiento de soluciones de la economía del conocimiento para la reactivación económica. Del total de los proyectos atendidos en la convocatoria con presupuesto 2020, 21 proyectos fueron de industria 4.0 por un total de \$222 M. La meta 2021 general (para todos los sectores de la EDC) es el financiamiento de 45 proyectos, de los cuales 9 se prevé que sean de industria 4.0, complementando los 21 ya financiados en 2020. El presupuesto 2021 total para el programa es de \$672,5 M, de los cuales se prevé que el 22%, \$135 M, será destinado al desarrollo 4.0.

Catálogo de vinculación de Oferta y Demanda

Red de Asistencia Digital para Pymes

Apoyo a la Inversión

Iniciativas de articulación

SePyME

Espacio de colaboración público-privada. Presenta la oferta de soluciones y herramientas, que las cámaras y empresas tecnológicas ponen a disposición de las MiPyMEs en el marco de la Red, que permitan impulsar la actividad económica. Se trata de un catálogo dinámico, que incorporará nuevos aportes y colaboraciones de cámaras, empresas y organismos del Estado. Los ejes principales son el trabajo a distancia, la conectividad, el comercio electrónico, la logística y todos los temas vinculados a capacitación. Catálogo de empresas: actualización semanal con 400 servicios en promedio.

Nodos de la EDC

Apoyo a la Inversión

Iniciativas de articulación

SsEC e INTI

Programa de fortalecimiento o creación de clusters tecnológicos (regionales), con foco en la especialización y vinculación de servicios 4.0 en sus entornos productivos. Alcance de 18 proyectos financiados, ejecución de ANR por un monto total de \$262 M.

Proyectos 4.0

Co-desarrollo - "Incentivar Conocimiento"

Apoyo a la Inversión

Iniciativas de articulación

SsEC

Co-desarrollo de proyectos entre empresas consolidadas en conjunto con start-ups tecnológicos. El objetivo es fomentar la generación de nuevos negocios y empresas basados en la economía del conocimiento. Las empresas consolidadas en el mercado presentarán proyectos de desarrollo de nuevos negocios en conjunto con start-ups tecnológicos de forma de facilitar y acelerar la llegada de la innovación tecnológica al mercado. De esta manera, se busca favorecer la llegada al mercado del nuevo negocio utilizando los recursos y capacidades de empresas que propicien la incorporación efectiva de las innovaciones en los productos y servicios. La meta global es financiar 5 proyectos con la ejecución de ANR por un monto total de \$110 M, de los cuales se prevé que el 22% estará destinado al desarrollo 4.0. Es decir, se espera alcanzar 1 proyecto con un presupuesto de \$24 M.

Big Data

INTI 4.0

Infraestructura institucional

Iniciativas transversales

INTI

Iniciativa orientada a: políticas y procedimientos para el manejo de datos de uso industrial y metrológico de diversos formatos, en base a principios FAIR; integración e interoperabilidad de datos de origen heterogéneo, a través de vínculos y combinación o fusión de *data sets*; servicio de curado de datos (organización e integración de datos obtenidos de fuentes diversas para que sean confiables, preservables y disponibles para su reutilización, incluyendo métricas para evaluación de la calidad de datos y procedimientos para la evaluación de incertidumbres de medición); conformación de un centro de datos tecnológico-industriales de referencia; y se espera invertir US\$10.000 en la ejecución del plan.

Centros Tecnológicos

PROCER + Programa Piloto para la Transformación Digital del Sector Productivo Argentino

Infraestructura institucional

Iniciativas transversales

SePyME

Articulación público-privada para la creación o fortalecimiento de centros existentes, con adecuación y equipamiento en implementación de tecnologías 4.0 para asistir PyMEs. En 2021 se comenzará con un programa piloto que financiará 2 centros tecnológicos que contribuyan a la adopción de las nuevas tecnologías, en ubicaciones estratégicas del país, considerando la existencia de empresas en sectores estratégicos, entre los que se destacan: equipamiento médico hospitalario, industria alimenticia y maquinaria agrícola, industria petrolera. Se estima alcanzar 3 centros tecnológicos por un total de US\$3 M en total (US\$1 M por centro). Monto asignado 2021: US\$415.534.

Centros Tecnológicos

PROCER

Infraestructura institucional

Iniciativas transversales

SePyME

Articulación público-privada para la creación o fortalecimiento de centros existentes, con adecuación y equipamiento en implementación de tecnologías 4.0 para asistir PyMEs. Se estima alcanzar las 24 jurisdicciones provinciales. Monto asignado: US\$7 M.

Certificados Digitales

INTI 4.0

Infraestructura institucional

Iniciativas transversales

INTI

Iniciativa orientada a la definición de un estándar internacional para el sistema de unidades que sea accionable por la máquinas; implementación en Argentina; adopción de certificados de calibración digitales (DCC) por la infraestructura nacional de la calidad y la industria; implementación de blockchain en certificados e informes. Se espera invertir USD10 mil en la ejecución del plan.

Ciberseguridad

INTI 4.0

Infraestructura institucional

Iniciativas transversales

INTI

Iniciativa orientada a: estrategias efectivas de ciberseguridad adaptadas a las características, riesgos y vulnerabilidades de redes inteligentes de aplicación local; implementación de estrategias de seguridad unificadas entre distintas organizaciones; soluciones de seguridad para dispositivos IoT; soluciones de seguridad en el campo de las redes inalámbricas de nodos sensores de recursos reducidos; asistencia técnica a entidades reguladoras nacionales. Participación en comisiones de análisis y generación de reglamentaciones técnicas. Se espera invertir US\$100.000 en la ejecución del plan.

Construir Conocimiento

Infraestructura institucional

Iniciativas transversales

SsEC

Programa de apoyo para parques industriales y tecnológicos para el fortalecimiento de sus capacidades tecnológicas en la generación de productos y servicios. El programa Construir Conocimiento está destinado a financiar equipamiento para mejorar las capacidades tecnológicas de parques industriales y de la economía del conocimiento. Tiene un presupuesto asignado de \$280,96 M, y se estará ejecutando por medio de provincias y municipios. Se estima financiar entre 20 y 24 proyectos.

Despliegue 5G

INTI 4.0

Infraestructura institucional

Iniciativas transversales

INTI

Iniciativa orientada al aseguramiento de la base metrológica para el despliegue de la tecnología 5G; ensayos de equipamiento de comunicaciones 5. Se espera invertir US\$ 100 mil en la ejecución del plan.

Digitalización de servicios

INTI 4.0

Infraestructura institucional

Iniciativas transversales

INTI

Sistema online de verificación de instrumentos reglamentados en la nube, para mayor eficacia y transparencia de las verificaciones. Se espera invertir US\$100.000 en la ejecución del plan.

Gemelos Digitales

INTI 4.0

Infraestructura institucional

Iniciativas transversales

INTI

Iniciativa orientada a: procesos y equipos; instrumentos de medición; aseguramiento de la calidad en comunicaciones ciberfísicas. Se espera invertir US\$250.000 en la ejecución del plan.

IndTech Lab

Plataforma INDTech 4.0

Infraestructura institucional**Iniciativas transversales****SEPYME**

Espacio colaborativo para generar la vinculación entre emprendedores, empresas, expertos internacionales, centros tecnológicos. Alcance de 20 proyectos.

Infraestructura de fibra óptica - Parque Tecnológico Miguelete

INTI 4.0

Infraestructura institucional**Iniciativas transversales****INTI**

Modernización de la infraestructura de redes del INTI para digitalizar la relación con los usuarios y poder brindar servicios 4.0 (e.g.: calibraciones remotas o verificaciones on-line en tiempo real). Digitalización de sistemas administrativos. Se espera invertir US\$1 M en la ejecución del plan.

Internet de las cosas

INTI 4.0

Infraestructura institucional**Iniciativas transversales****INTI**

Iniciativa orientada a: metodología de aseguramiento metrológico de patrones embebidos on-line (sensores y máquinas); diseminación de señales de sincronización temporal basada en UTC; trazabilidad directa en frecuencias ópticas para comparación de relojes; capacidades de certificación de productos IoT, capacidades de interconexión (arquitectura, protocolos, seguridad, etc.) y uso eficiente de energía eléctrica; posicionamiento del INTI como referente en seguridad y protección de dispositivos IoT; servicios de calibración remota de instrumentos y patrones; capacidades de visión artificial aplicada a la industria para el desarrollo de sistemas de monitoreo de procesos y control de calidad; capacidades de digitalización y procesamiento de imágenes para el desarrollo de aplicaciones industriales. Se espera invertir US\$1,5 M en la ejecución del plan.

Manufactura aditiva

INTI 4.0

Infraestructura institucional**Iniciativas transversales****INTI**

Iniciativa orientada a: caracterización funcional de geometrías optimizadas, aseguramiento de la calidad en tiempo real y calibración inteligente de componentes; metrología de coordenadas 4.0 (aseguramiento metrológico de nuevas tecnologías, como tomografía computarizada por rayos X o impresoras 3D); planta piloto para I+D+i en tecnologías de fabricación aditiva y servicios de producción a baja escala para la industria; evaluación, determinación y simulación de propiedades físicas de materiales impresos; y se espera invertir US\$1,85 M en la ejecución del plan.

Metrología de Sistemas

INTI 4.0

Infraestructura institucional

Iniciativas transversales

INTI

Iniciativa orientada a: evaluación de la calidad en algoritmos de inteligencia artificial, machine learning y sistemas autónomos; servicios de evaluación metrológica de sistemas de inteligencia artificial y machine learning y análisis de la incertidumbre asociada a su utilización; modelos para localización óptima de sensores (observabilidad de redes); metodologías para el tratamiento holístico de redes de sensores y criterios de consistencia de redes; servicios de evaluación metrológica de redes de sensores y estrategias integrales de calibración y evaluación de incertidumbre. Se espera invertir USD100.000 en la ejecución del plan.

Unidades de Transformación Digital

Transformación Digital PyME

Infraestructura institucional

Iniciativas transversales

SePyME

Constitución de Unidades de Transformación Digital (UTD) para sensibilización y asistencia técnica para la elaboración de planes de transformación digital. Se estima conformar 15 UTD, con 450 pymes asistidas técnicamente (planes de transformación digital elaborados). Monto asignado: \$75 M.

Emprendedores para Transformación Digital

Infraestructura institucional

Iniciativas de articulación

SePyME

Proyectos colaborativos entre emprendedores y PyMES en industria 4.0. Se espera alcanzar en 2021 los 10 proyectos colaborativos con un presupuesto de \$19,5 M

Red de Asistencia Digital para Pymes

Infraestructura institucional

Iniciativas de articulación

SePyME

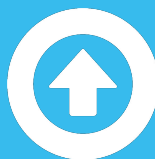
Rondas de Demostración de Productos. Se convocará a los oferentes de la Red de Asistencia Digital para PyMEs en función del servicio ofrecido para que puedan realizar una demostración de para qué sirve la solución o herramienta que ofrecen y, de esta manera, generar el vínculo con las PyMES que demandan dicho servicio.

Referencias

- Albrieu, R., Basco, A.I., López, C.B., De Azevedo, B., Peirano, F., Rapetti, M. & Vienni, G., (2019). Travesía 4.0: hacia la transformación industrial argentina. BID, INTAL, CIPPEC y UIA, <https://www.cippec.org/wpcontent/uploads/2019/06/20190605-Traves%20ADa-Clar%20ADn.pdf>.
- Basco, A.I., Beliz, G., Coatz, D. & Garnero, P., (2018). Industria 4.0: fabricando el futuro (Vol. 647). Inter-American Development Bank.
- Brest López, C., García Díaz, F. & Rapetti, M., (2019). El desafío exportador de Argentina. Documento de Trabajo N° 190. Buenos Aires: CIPPEC.
- CEPAL, N. (2013). Cómo mejorar la competitividad de las PYMES en la Unión Europea y América Latina y el Caribe: propuestas de política del sector privado.
- Coatz, D. y Schteingart, D. (2015): ¿Qué modelo de desarrollo para la Argentina?, Boletín Informativo Techint, N° 349, 49-88.
- Coatz, D., & Schteingart, D. M. (2016). La industria argentina en el siglo XXI: entre los avatares de la coyuntura y los desafíos estructurales.
- Dragún, P., García Díaz, F., Ernst, C., Schteingart, D., Zack, G., Makari, P., & Gentili, M. (2019). Una nueva inserción comercial argentina: El papel de la diversificación y de la complejización. Buenos Aires: OIT/UIA.
- Hausmann, R., & Klinger, B. (2006). Structural transformation and patterns of comparative advantage in the product space. CID Working Paper No. 129.
- Herrera Bartis, G. (2020). Las tecnologías de la industria 4.0 en la provincia de Buenos Aires y algunas propuestas para promoverlas. Propuestas para el Desarrollo, (IV), 93-115.
- Erbes, A., Gutman, G., Lavarello, P. & Robert, V. (2019). Industria 4.0: oportunidades y desafíos para el desarrollo productivo de la provincia de Santa Fe”, Documentos de Proyectos (LC/TS.2019/80), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL),2019.
- Grasso, F., & Kossacof, S. (2016). Estudio exploratorio de prioridades en el sector productor de bienes de capital.
- Huawei, G. C. I. (2019). Global Connectivity Index 2019.
- López, A., & Ramos, A. (2018). El sector de software y servicios informáticos en la Argentina. Evolución, competitividad y políticas públicas. Argentina: Fundación CECE.
- Ministerio de Desarrollo Productivo (2019). Panorama de las Empresas Argentinas.
- Ministerio de Industria, Energía y Turismo, Gobierno de España (2014). Industria Conectada 4.0: La transformación digital de la industria española.
- Montero, E.R., (2020). *Industria 4.0*. Ediciones Pirámide.
- Motta, J., Morero, H. & Ascúa, R. (2019). Industria 4.0 en miPyMES manufactureras de la Argentina.
- Nieponice, G.; Rivera, R.; Tféli, A. & Drewanz, J. (2018). Acelerando el desarrollo de la industria 4.0 en Argentina. Boston Consulting Group.
- ONUDI (2019). Informe sobre el Desarrollo Industrial 2020. La industrialización en la era digital. https://www.unido.org/sites/default/files/files/2019-11/UNIDO_IDR2020-Spanish_overview_0.pdf.
- Queipo, G. (2008). Industria electrónica en Argentina: Situación actual y perspectivas. Buenos Aires, Área de Economía Industrial, Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).
- Roland Berger. (2016), “España 4.0: El reto de la transformación digital de la economía,” Madrid: Siemens.
- Ventrici, P. & Palermo, H.M. (2021). La siliconización del trabajo. Una experiencia argentina. Íconos. Revista de Ciencias Sociales 69: pp-pp. <https://doi.org/10.17141/iconos.69.2021.4302>
- World Bank (2020). Doing Business 2020. Washington, DC: World Bank. DOI:10.1596/978-1-4648-1440-2
- World Economic Forum. (2019). A global standard for lifelong learning and worker engagement to support advanced manufacturing. World Economic Forum, Geneva, Switzerland.
- World Economic Forum (2019). Global Competitiveness Report 2019. World Economic Forum, Geneva, Switzerland.



Ministerio de
Desarrollo Productivo
Argentina



**Reconstrucción
argentina**