

Tecnologías 4.0 para la Industria Argentina - Análisis y herramientas de I&D+i para la formulación de políticas y el desarrollo de la Industria 4.0 – Proyecto PICT

**María Belén Odena¹, Ulises Girolimo¹, Patricio Feldman¹,
Susana Finquelievich¹, Pablo Fillostrani², Elsa Estévez², Sebastián Cortez Oviedo**

¹**Instituto de Investigación Gino Germani (IIGG-UBA)
Facultad de Ciencias Sociales – Universidad de Buenos Aires
Pres. José Evaristo Urriburu 950 - Ciudad Autónoma de Buenos Aires
(belen.odena, ugirolimo, patafeldman, sfinquel, pcortezoviedo) @gmail.com**

²**Laboratorio de Ingeniería de Software y Sistemas de Información (LISSI)
Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación – Universidad Nacional del Sur
Av. San Andrés 800 – Campus de Palihue - Bahía Blanca, Buenos Aires
Centro Asociado CIC
526 e/ 10 y 11 - La Plata, Buenos Aires
(ece, prf.) @cs.uns.edu.ar**

RESUMEN

El proyecto “Tecnologías 4.0 para la Industria Argentina - Análisis y herramientas de I&D+i para la formulación de políticas y el desarrollo de la Industria 4.0” tiene como objetivo construir el estado del arte de la investigación de origen público y privado en C&T+i vinculada con la Industria 4.0 en Argentina, en el periodo 2013-2020, y su vinculación con las Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs) industriales. Asimismo se propone desarrollar instrumentos que permitan la formulación y optimización de las políticas públicas dirigidas tanto a la investigación científico-tecnológica en biotecnología, robótica, Inteligencia Artificial (IA), Internet de las Cosas (IOT) y nanotecnología, como a la aplicación en el sector productivo del conocimiento generado.

Palabras Clave

Industria 4.0 - Tecnología 4.0 - Políticas públicas - Impactos sociales - Desarrollo sociotecnológico

CONTEXTO

La línea de investigación y desarrollo presentada forma parte de las tareas planificadas en el proyecto PICT “Tecnologías 4.0 para la Industria Argentina

- Análisis y herramientas de I&D+i para la formulación de políticas y el desarrollo de la Industria 4.0”. El Proyecto, financiado por la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación, a través del Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica (FONCyT), cuenta con la dirección de la Dra. Elsa Estévez y la Dra. Susana Finquelievich.

Este proyecto formaliza las relaciones científicas entre dos equipos: el Laboratorio de Investigación & Desarrollo en Ingeniería de Software y Sistemas de Información (LISSI) junto con el Instituto UNS-CONICET de Ciencias e Ingeniería de la Computación (ICIC) en la Universidad Nacional del Sur (UNS); y el Programa de Investigaciones sobre la Sociedad de la Información, del Instituto de Investigaciones Gino Germani, de la Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Buenos Aires, a través del equipo I-Polis.

La formulación y el desarrollo del proyecto se basan en la adopción de una perspectiva transdisciplinaria (uniendo las Ciencias e Ingeniería de la Computación con las Ciencias Sociales), así como en un enfoque interinstitucional de los equipos de LISSI-ICIC - UNS e IIGG - UBA.

El Proyecto se identifica con el número 2018-03627

1. INTRODUCCIÓN

La Industria 4.0 constituye una nueva oportunidad para Argentina de avanzar en un camino de desarrollo socio-tecnológico-económico, a partir de la optimización de los procesos de producción y distribución, la generación de nuevos mercados y el desarrollo de capacidades para producir bienes diferenciados, intensivos en conocimiento.

El Banco Interamericano de Desarrollo - BID (2018) analiza los posibles impactos sociales del desarrollo de la Industria 4.0, especialmente en el ámbito de la salud, la educación, el empleo y las brechas de género. El BID afirma que la Cuarta Revolución Industrial y la transformación digital “no sólo contribuyen a la productividad y a la eficiencia, sino también al desarrollo socioeconómico más amplio. Pueden dar lugar a una sociedad más inclusiva y diversa así como a mejores acuerdos de gobernanza; mejorar el acceso a servicios claves tales como la salud, la educación y los servicios bancarios; mejorar la calidad y la cobertura de los servicios públicos y la participación política y ampliar la manera en la que las personas colaboran y crean contenidos” (Pombo *et al*, 2018: 71). La OCDE (2017) plantea que políticas sólidas de ciencia e I+D son especialmente relevantes en esta área para este período.

En el contexto actual, la mayoría de las empresas y países son usuarios de tecnologías 4.0, pero algunos de ellos van más allá: son desarrolladores. Argentina posee el potencial para jugar un rol importante en el grupo de los desarrolladores, si bien existen diversos desafíos a resolver. La mayoría de los desafíos en investigación, críticos para la Industria 4.0, son multidisciplinarios. Las políticas de ciencia, tecnología e innovación (C&T+i) necesitan intensificar las investigaciones multidisciplinarias, la ampliación e incremento de sus investigaciones aplicadas, y los vínculos entre los diversos sectores:

estatal, empresario, científico-tecnológico y ciudadano. La Industria 4.0 precisa de políticas públicas 4.0, en las que se alienten las innovaciones y se regulen las nuevas realidades sin inhibir procesos de innovación productiva. Esta necesaria transformación incluiría a las instancias estatales, al sector empresarial, a la academia y la sociedad civil.

El concepto de Industria 4.0 ha sido acuñado en Alemania, desde la feria Hannover Messe en el 2011 (Pfeifer, 2017). En el año 2014 se impulsó la iniciativa “Science Year 2014 - The Digital Society” con la finalidad de visualizar los cambios impulsados por la incorporación de tecnologías 4.0, que pueden enfrentar la sociedad y la industria para el año 2020. Los estudiosos sobre este nuevo paradigma industrial plantean que se basa en producción individualizada, integración horizontal en redes colaborativas e integración digital en la cadena de producción (Brettel *et al.*, 2014; Kagermann *et al.*, 2013). De todas maneras, los avances tecnológicos pueden no ser el elemento fundamental de cambio disruptivo por sí mismos (Drath y Horch, 2014), sino por su impacto en la concepción, producción y distribución del producto, y especialmente en la manera en que las empresas crean, distribuyen y se apropian valor. También son relevantes las transformaciones en las relaciones interinstitucionales, en la organización del trabajo, y finalmente, en la sociedad (Klingenberg, 2017).

La Industria 4.0 usa la electrónica, la robótica, y la IA para automatizar la producción. Esta etapa se caracteriza por la convergencia y fusión de diversas áreas de CyT. En ella se desvanecen las fronteras entre la informática, la biología, la genética y la nanotecnología. Desde un enfoque económico, el concepto corresponde a una nueva forma de organizar los medios de producción, a través de la generación y desarrollo de un alto número de “fábricas inteligentes” más adaptables a las necesidades y a los procesos de producción, así como a una asignación y gestión más eficientes de los recursos. El término enfatiza

la idea de una creciente y adecuada digitalización y coordinación cooperativa en todas las unidades productivas de la economía, conduciendo a nuevos modelos económicos (Challenges, 2013; Rinn y Kube, 2014). Como señala Schroeder (2016), trata de establecer una red de interconexiones entre todos los elementos del proceso de creación de valor: desde materias primas y productos de escaso valor agregado, pasando por el proceso de producción, las redes de clientes y los procesos logísticos y de prestación de servicios; todo anclado en la conversión digital de los datos.

Algunas de las tecnologías que integran la Industria 4.0 son: 1) Internet de las Cosas (Internet of things, IoT); 2) Sistemas Ciber-Físicos (SCF); 3) Computación en la Nube – capacidad de procesamiento y acceso a recursos digitales compartidos a través de Internet y de forma ubicua, 4) Fabricación Aditiva e Impresión 3D; 5) Robótica Colaborativa - robots industriales colaborando con trabajadores humanos; 6) Ciberseguridad – sistemas y herramientas para detectar, prevenir y neutralizar amenazas contra los sistemas de información de las industrias, el Estado y los ciudadanos; 7) Nuevos Materiales - materiales emergentes fuertes y livianos que recuerdan su forma, aleaciones exóticas, se auto-reparan o se integran en componentes y materiales que responden a la luz y al sonido; 8) Biotecnología, Bioinformática y Medicina Personalizada – La biotecnología incluye investigación y desarrollo de sustancias bioactivas y alimentos funcionales para bienestar de organismos acuáticos, diagnóstico celular y molecular, y manejo de enfermedades asociadas a la acuicultura, toxicología y genómica ambiental, manejo ambiental y bioseguridad, biocombustibles, y gestión y control de calidad en laboratorios. La bioinformática es la aplicación de tecnologías computacionales y la estadística a la gestión y análisis de datos biológicos. La industria de la salud vislumbra que la digitalización de sus procesos posibilitará la medicina personalizada. Surgen herramientas que facilitan que el tratamiento adecuado (diferente para cada quien) llegue a la

persona indicada en el momento en que lo necesita (Ramírez Coronel, 2018); y 9) Nanotecnología – manipulación de la materia para producir productos a micro-escala. Es un campo muy amplio que incluye disciplinas como química orgánica, biología molecular, microfabricación, etc.

Feldman y Girolimo (2021) analizan las políticas públicas de promoción de la Industria 4.0 en América Latina, tomando los casos de México, Argentina y Brasil. Si bien reconocen que los avances hasta el momento son modestos, los gobiernos han dado los primeros pasos en el diagnóstico y formulación de planes para su promoción. En términos generales, se reconoce una situación de déficit en la incorporación de tecnologías 4.0 en los sistemas productivos, escasez de capital humano especializado en algunos campos como el Big Data y la IoT, y un fuerte desequilibrio territorial en cuanto a capacidades tecnológicas. El caso de México, muestra una orientación hacia la conformación de redes multiactorales mediante el estímulo a clústeres tecnológicos en distintas regiones del país, y la formación de capital humano en áreas prioritarias. En Brasil, en 2019 se conformó una alianza público-privada federal para dinamizar la agenda de transformación digital de la industria, y se creó la Cámara Brasileña para la Industria 4.0, que agrupa a diferentes actores. En Argentina, se observa la existencia del Plan Industria Argentina 4.0, lanzado en 2019, que registra avances todavía preliminares; y se cuenta con la Ley de Economía del Conocimiento, que otorga exenciones impositivas a empresas productoras de tecnologías 4.0.

Una breve investigación sobre la producción de información y conocimiento en Argentina y América Latina sobre la Cuarta Revolución Industrial y/o la Industria 4.0, ha dado como resultado la existencia de varios estudios de organismos internacionales (BID, CEPAL, OECD, etc.), una profusión de artículos periodísticos, algunos estudios de consultoras generalmente extranjeras, y muy escasos trabajos científicos. Este proyecto de investigación plantea entre otros objetivos

contribuir a llenar ese vacío. El aporte fundamental que se propone es generar conocimientos sobre el estado actual de las investigaciones académicas y empresariales sobre la Industria 4.0 y desarrollar una caja de herramientas que permitan contribuir a la formulación de nuevas políticas públicas en este campo para favorecer su desarrollo.

El resto de este artículo se organiza de la siguiente manera: la sección 2 explica los ejes que guían el desarrollo del proyecto, la sección 3 presenta los resultados esperados/obtenidos y, por último, la sección 4 discute la formación de recursos humanos.

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Los objetivos del proyecto son:

- Caracterizar las investigaciones realizadas durante los últimos 6 años en centros de investigación públicos y privados (universidades y centros de I+D en empresas privadas) sobre temas vinculados con la Industria 4.0 y dar cuenta del grado de desarrollo, perfil y orientación de las mismas.
- Caracterizar el perfil productivo de las PyMEs vinculadas al sector de la Industria 4.0 en base a los siguientes criterios: a) patrón de especialización; b) desarrollo de nuevos productos y mercados; c) capacidad exportadora; d) composición y tipo de participación del sector privado interviniente (empresas internacionales, nacionales, PyMEs, etc.); e) composición del mercado de trabajo, con énfasis en un enfoque de género; y f) inversión en I+D pública y privada, entre otros; y reconocer las oportunidades y sus limitaciones para vincularse al sistema científico-tecnológico.
- Identificar y evaluar las capacidades de los actores públicos y privados relacionados a la Industria 4.0 y las interacciones entre el sistema de Ciencia y Tecnología (C&T) y el sistema productivo, e identificar los impactos en materia económica y social que dichas capacidades generan.
- Identificar y verificar el estado de actualización de las políticas públicas que

rigen o estimulan la investigación científico-tecnológica en tecnologías 4.0 en el país, así como las dirigidas a incentivar al sector productivo; y desarrollar los instrumentos necesarios para que, en base a los conocimientos producidos y por medio de un estudio prospectivo, se pueda facilitar la formulación y optimización de las mismas.

3. RESULTADOS ESPERADOS/OBTENIDOS

Los resultados obtenidos durante el primer semestre son:

- Se ha desarrollado un relevamiento sobre el estado del arte de la Industria 4.0 tanto a nivel nacional como internacional y de las políticas públicas vinculadas con la temática. A partir de ello, se analizaron las trayectorias de los países líderes en el desarrollo e incorporación de tecnologías 4.0 (Alemania, Estados Unidos y China), y las trayectorias de los países latinoamericanos que han comenzado a avanzar en este campo (Argentina, México y Brasil).
- Se han publicado dos artículos en revistas científicas sobre el lugar que ocupan las tecnologías 4.0 en la agenda de las ciudades argentinas, en el contexto de la segunda oleada informacional, y sobre los principales desafíos para el desarrollo y la incorporación de tecnologías 4.0 en Argentina.
- Miembros del equipo han participado en eventos científicos vinculados al tema de investigación.
- Se delinearón las pautas para dar comienzo al trabajo de campo propuesto en el proyecto.

Como trabajo a futuro, los planes incluyen:

- Conceptualización de capacidades para la Industria 4.0: se creará un marco conceptual que permita la tipificación de los diferentes actores vinculados con la Industria 4.0 en función de las capacidades tecnológicas y organizacionales que poseen actualmente. A continuación, éstas serán contrastadas con las capacidades requeridas

para el desarrollo de las tecnologías que forman parte de este nuevo paradigma. Mediante la identificación de la brecha entre capacidades actuales y capacidades requeridas, se diseñarán propuestas de política pública que contribuyan a achicar dicha distancia.

- Construcción de indicadores para la identificación y medición de impactos de la Industria 4.0 en el campo social, económico, ambiental e industrial, entre otros, en el país.

- Diseño de instrumentos para la formulación de políticas públicas. Los instrumentos desarrollados se empaquetarán junto con los procedimientos correspondientes para su utilización de manera que constituyan herramientas de apoyo para el monitoreo continuo y permanente actualización de políticas públicas relacionadas a la Industria 4.0.

- Síntesis de recomendaciones para la formulación de políticas públicas que promuevan el desarrollo de capacidades de los diferentes actores vinculados a la Industria 4.0, que faciliten las interacciones entre ellos, el desarrollo tecnológico y la adopción de tecnologías 4.0 en distintos sectores productivos, con especial atención a la situación de las PyMEs.

- Disseminación de resultados a través de publicaciones científicas en revistas nacionales e internacionales, participación en eventos científico-tecnológicos y otras reuniones, para presentar resultados y difundir las actividades del proyecto. Asimismo, se buscará la difusión al público, a través del sitio web del proyecto, que se desarrollará para cumplir tal propósito.

4. FORMACION DE RECURSOS HUMANOS

- Capacitación de los miembros del proyecto en tareas de investigación asociadas al universo de las tecnologías 4.0.

- Desarrollo de una tesis doctoral y actividades de becarios posdoctorales en el área.

- Participación de los integrantes de esta línea de investigación en el dictado de

asignaturas y cursos de posgrado en la Facultad de Ciencias Sociales, Pontificia Universidad Católica Argentina; Facultad de Ciencias Económicas, Universidad del Salvador; en la Universidad Pontificia Bolivariana y en el Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación de la UNS.

5. BIBLIOGRAFÍA

Basco, A.I., G. Béliz, D. Coatz, P. Garneró (2018): Industria 4.0. Fabricando el futuro, UIA - BID - INTAL

Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., y Rosenberg, M. (2014). How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An industry 4.0 perspective. *International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering*, 8(1), 37-44.

Drath, R., y Horch, A. (2014). Industrie 4.0: Hit or hype? [industry forum]. *IEEE industrial electronics magazine*, 8(2), 56-58.

Feldman, P. y Girolimo, U. (2021 - en prensa) La Industria 4.0 en perspectiva latinoamericana: limitaciones, oportunidades, y desafíos para su desarrollo.

Klingenberg, C. (2017): Industry 4.0: what makes it a revolution?, Conference paper.

OECD (2017): The next production revolution: a report for the G20, Paris.

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

Pombo, C, Gupta, R, y Stankovic, M. (2018). Servicios sociales para ciudadanos digitales: oportunidades para América Latina y el Caribe. Publicación del BID.

Ramírez Coronel, M. (2018): La industria 4.0 y la medicina personalizada, en: *El Economista*, México DF.

Schroeder, W. (2016). La estrategia alemana Industria 4.0: el capitalismo renano en la era de la digitalización. Friedrich-Ebert-Stiftung, Madrid.

Schwab, K. (2016): La Cuarta Revolución Industrial, Ed. Debate, Buenos Aires.