

Industria 4.0 en América Latina: Una ruta para su implantación

Industry 4.0 in Latin-American: A path for its implementation

PhD. Edgar Alfonso Chacón-Ramírez¹, PhD. Juan José Cardillo-Albarrán¹, Ing. Julián Uribe-Hernández²

¹ Escuela de Ingeniería de Sistemas, Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes, Mérida-Venezuela, <https://orcid.org/0000-0001-5612-0368>, echacon@ula.ve, <https://orcid.org/0000-0001-8358-677X>, ijuan@ula.ve

² SIMAC-S.A.S., Medellín-Colombia, <https://orcid.org/0000-0002-1309-0856>, julian.uribe@simac.com.co

Como citar: E. A. Chacón, J. J. Cardillo y J. Uribe, "Industria 4.0 en América Latina: Una ruta para su implantación", *Revista Ingenio*, vol. 17, n°1, pp.28-35, 2020, doi: <https://doi.org/10.22463/2011642x.2386>.

Fecha de recibido: 17 de julio de 2019
Fecha aprobación: 30 de octubre de 2019

RESUMEN

Palabras claves:

Industria 4.0, I4.0 en América latina, Implantación I4.0, PyMEs.

El concepto de Industria 4.0 (I4.0) es muy reciente y su aplicación crea grandes expectativas, aunque no se ha podido medir su impacto de sus resultados. En Europa, EEUU, y países del extremo oriente las grandes empresas lideran su implantación conforme a estándares de automatización. Un caso distinto son las Pequeña y Medianas Empresas (PyMEs), las cuales confrontan problemas que van desde desconocimiento de la tecnología, estructuras empresariales rígidas, formación de recurso humano, falta de estándares lo que crea un gran riesgo para ellas en su incorporación o el riesgo de quedar fuera del cambio. En América Latina el reto es aún mayor, ya que las industrias están en desventaja por su falta de automatización, y más aún en las PyMEs para las cuales I4.0 representa un riesgo. En este trabajo se presenta un esquema de apoyo a la implantación de Industria 4.0, adaptada a la realidad de la industria Latino Americana que incluye una ruta de trabajo para las implantar I 4.0 en las PyMEs.

ABSTRACT

Keywords:

Industry 4.0, I4.0 in Latin America, I4.0 Implementation, SMEs.

The Industry 4.0 (I4.0) concept is very recent and its application creates great expectations, although it has not been possible to measure its impact on its results. In Europe, USA, and countries in the Far East, large companies lead their implementation according to automation standards. A different case is Small and Medium-sized Enterprises (SMEs), which confront problems ranging from ignorance of technology, rigid business structures, human resource training, lack of standards, which creates a great risk for them in their incorporation or risk of being left out of the change. In Latin America the challenge is even greater, since industries are at a disadvantage due to their lack of automation, and even more so in SMEs for which I4.0 represents a risk. This work presents a scheme to support the implementation of Industry 4.0, adapted to the reality of the Latin American industry that includes a work route to implement I 4.0 in SMEs.

1. Introducción

Las empresas necesitan innovar en toda la cadena productiva para mantener una competitividad en el mercado [1]. Innovar en el ciclo de vida del producto (PLM), en la cadena de valor y en el manejo eficiente de la cadena para producir lo que demanda el mercado: series pequeñas de forma ágil y eficiente. El medio para lograr esta necesaria innovación se basa en poseer esquemas organizativos más planos, integración de los procesos (horizontal y vertical), la descentralización del control y el uso de las nuevas tecnologías en el piso de planta. El uso del computador, como elemento integrador se plantea ya en la década de los 70, cuando se genera un modelo de referencia para la integración conocido como PERA [2], y que es la base de los estándares

usados actualmente [3]. La evolución del enfoque de integración CIM hacia esquemas más planos alcanza ahora viabilidad con las nuevas tecnologías. En [4] se destaca que las principales limitaciones que tenía CIM para su implantación eran: a) Una infraestructura IT y comunicaciones con falta de madurez, b) Bajo poder de cómputo, c) Capacidad de almacenamiento limitada, d) Baja velocidad de transferencia de información y e) Falta de estándares de software y comunicaciones ya han sido solventadas. Superadas estas barreras, aparece el paradigma de Industria 4.0 (I4.0) e Internet Industrial de las Cosas (IIoT). I4.0 se define en Alemania en el 2011 [5], y es el resultado de la evolución de los procesos industriales con una avanzada digitalización. Algunas definiciones de I4.0 son: Sistemas que regulan

Autor para correspondencia

Correo electrónico: echacon@ula.ve (Edgar Alfonso Chacón Ramírez)

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña
Artículo bajo la licencia CC BY-NC (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es>)



sistemas ciberfísicos individuales en tiempo real. Estos sistemas ciberfísicos, a su vez, regulan sus propios procesos que son autónomos y descentralizados.[6]; “Es el incremento de la digitalización y la automatización del ambiente de manufactura” [7]; “Representa la evolución tecnológica de los sistemas embarcados a los sistemas ciber-físicos” [8].

El uso del paradigma I4.0 es un reto para las empresas por: a) las nuevas tecnologías utilizadas, b) el usar una concepción diferente de los procesos de negocios y c) la necesidad de usar una ruta distinta para la implantación. Esto genera muchas dudas sobre si están preparadas las Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs) en Europa para enfrentar el cambio que implica I4.0 [9]. En América Latina estas dudas se acrecientan por lo que se hace necesario definir una metodología que guíe a las PyMEs en su implantación.

El trabajo tiene como objetivo establecer un mapa de ruta para la implantación de I4.0 y para esto, en la sección 2 se enumeran los elementos de base que deben tenerse (motivadores, habilitadores, conocimiento) para lograr su implantación. La sección 3 analiza las características de las PyMEs de nuestra región y cuáles son sus principales falencias encontradas con el fin de poder establecer los mecanismos para superar dichas falencias. La sección 4 describe nuestra propuesta de una ruta de trabajo para lograr la implementación del paradigma I4.0. Finalmente se dan las conclusiones.

2. Industria 4.0: Motivadores, tecnologías asociadas y conocimiento de base

I4.0, definida como la cuarta revolución industrial, según se muestra en la Figura 1, se indica como la era de los Sistemas Ciber-Físicos (SCF), caracterizando las eras anteriores como la era de vapor, la de la electricidad, y luego la de información. El paso de la era de la información a la de los SCF resulta de la mezcla de tecnologías de internet, del uso de objetos inteligentes, tanto en máquinas como en productos, mutando hacia un nuevo paradigma en la industria [10].

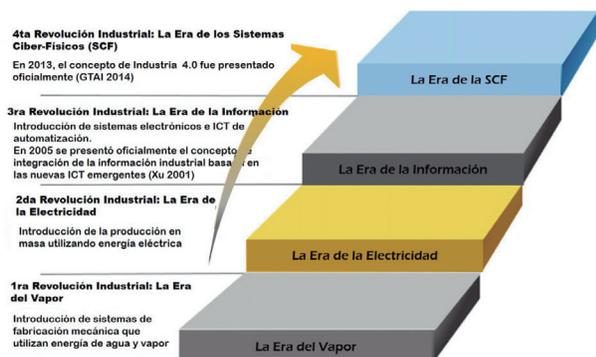


Figura 1. La evolución desde Industria 1.0 a Industria 4.0.
Fuente. [8].

Las empresas tienen como principal objetivo su sostenibilidad y que se asocia con el asegurar clientes respondiendo a sus necesidades de manera rápida, manteniendo los costes de producción acotados. En la visión de I 4.0 es necesario conocer cuáles son los motivadores propios de la empresa, para seleccionar los habilitadores que permitan satisfacer a los motivadores.

2.1 Motivadores y tecnologías para el cambio

La motivación viene dada por la necesidad de enfrentar a la competencia y responder a los consumidores, los motivadores más destacados asociados a la empresa son: 1) Orientados al servicio, 2) Producto Inteligente, 3) Factoría Inteligente, 4) Interoperabilidad, 5) Modularidad, 6) Descentralización 7) Visualización, 8) Capacidad en Tiempo Real, 9) Integración Vertical, 10) Integración Horizontal, 11) Personalización de Productos, 12) Responsabilidad Social de la Corporación. Estos motivadores busca tener: a) Períodos cortos en el desarrollo de productos, b) Adecuación del producto a los clientes, c) Producción flexible, d) Autonomía, y e) Uso eficiente de los recursos.

Los habilitadores son tanto tecnológicos como organizativos y los requeridos en la transformación digital son: a) Nuevas tecnologías y automatización en el piso, b) Redes y Digitalización y, c) Miniaturización. Por lo tanto se hace necesario introducir un grupo de conceptos y aptitudes en la empresa: a) La fábrica inteligente, b) Sistemas Ciber-Físicos, c) Sistemas auto-organizados, d) Nuevos manejos en la logística, e) Nuevos procesos en el desarrollo de productos y servicios, f) Adaptación a las necesidades del humano, g) Responsabilidad social corporativa. En [11] se muestra la relación de satisfacción de motivadores por los habilitadores y que se representa en la Figura 2.

La visión de la empresa define los motivadores, mientras que es en los habilitadores donde se debe invertir para lograr tener la transformación digital. De estos habilitadores: Internet Industrial de las Cosas (IIoT), los (SCF), la Analítica de datos y Tecnologías Semánticas, integran o asocian al resto de los tecnologías [12]. Sus principios, de manera breve, se muestran a continuación.

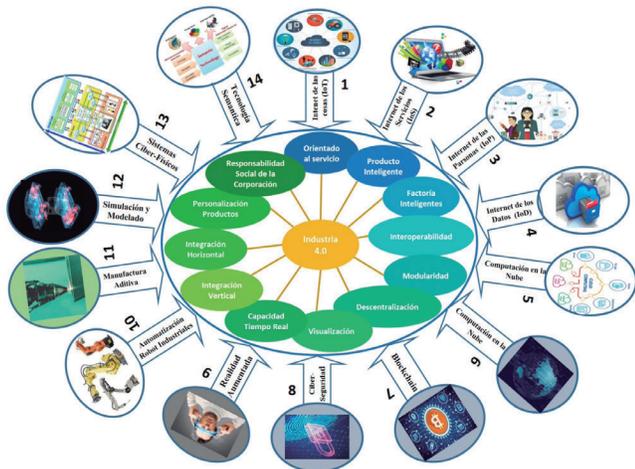


Figura 2. Motivadores y tecnologías asociadas a I 4.0. Fuente. [11]

IloT. La empresa digital, del dato al modelo. Considerada una evolución del IoT, es un conjunto de tecnologías que permite que objetos reales sean identificados de manera única y se conecten con el mundo de manera virtual; son descentralizados y heterogéneos. IloT habilita el concepto de la Fábrica Digital, como se muestran en la Figura 3. Sistemas Ciber-Físicos. SCF y en especial los Sistemas de Producción Ciber-Físicos (SPCF) tienen un rol preponderante; es la era de los SPCF [9]. En [14] se definen como: “sistemas de sistemas autónomos cooperantes, conectados entre sí de acuerdo a la situación y mejorando el proceso de toma de decisiones en tiempo real en todos los niveles”. Un elemento asociado es el “Gemelo Digital”. Analítica de Datos y Big Data. Tratamiento de la gran cantidad de información generada por los distintos procesos y su análisis inteligente [15]. Tienen características especiales [16] y complementan a los SPCF [17].

Tecnologías Semánticas, que permiten describir la empresa de una manera clara, precisa y comprensible a todos los participantes en la misma.



Figura 3. IloT as la red de los objetos físicos y su interacción con su modelo digital. Fuente. [4]

2.2 El humano en el sistema

I4.0 integra en su especificación al humano como un elemento principal, por tanto deben existir medios para su integración. El humano posee varios roles en el sistema, (Figura 4.)



Figura 4. El Humano en el lazo

[18] destaca como el humano interactúa a través de la tecnología. Se requiere una mayor formación del operador físico, del supervisor y del planificador para interactuar con el sistema, por lo que en el diseño es necesario establecer la arquitectura de automatización acorde y formar al operador en el conocimiento y uso de la tecnología, al igual que al personal que le suministra conocimiento al sistema.

En la fase de diseño de la ruta de implantación, y luego en su fase de utilización, el personal debe tener una amplia formación con las bases tanto de informática, estadística y de teoría de control, que exige la formación de equipos interdisciplinarios con un lenguaje común que pueda describir la empresa de manera formal, seleccionar las herramientas y luego operar el sistema. Los operarios deben también conocer el ambiente tecnológico y de manejo de la operación.

Una lista no exhaustiva viene dada por las siguientes áreas de conocimiento que apoyan tanto a los habilitadores como a los motivadores: Electrónica, Tecnologías de Información, Sistemas de Control, Teoría de Control, Tecnologías de Información en Tiempo Real, Sistemas dinámicos. Sistemas Dinámicos a Eventos Discretos, Estadística, Redes Neuronales, Inteligencia Artificial, Modelado en el área de procesos de la fábrica. Esto implica la existencia de equipos multidisciplinarios con una visión de I 4.0.

3. Las PyMEs de Latino-américa enfrentando el reto de I 4

3.1. Expectativas y temores de I4.0 en la industria Europea

Existen ideas contradictorias sobre los beneficios de I4.0 en las Pequeñas y Medianas Industrias. En [7], se plantea que para alcanzar los objetivos de flexibilidad, costos, productividad, calidad y plazos de entrega de I4.0 las PyMEs deben desarrollar nuevas capacidades gerenciales para realizar las distintas tareas basadas en las nuevas técnicas. [9] plantea que existe un gran riesgo para las PyMEs en Alemania, ya que o son parte activa en esta revolución en un futuro próximo o serán víctimas de la misma por falta de adaptación. Hay dudas de si las PyMEs son conscientes de este riesgo. Además, existen malos entendidos sobre conceptos como Big Data, Computación en la nube o IoT; son cosas muy complejas, muy caras o muy complicadas para las PyMEs. En [19] se especifican un conjunto de elementos limitantes para su implantación; de una lista de 15 elementos posibles barrera están: falta de estándares internacionales, temor a la fuga de datos por manipulación externa, falta de personal con las habilidades en I4.0. [20] hace un análisis sobre la madurez de las PyMEs y recalca la falta de recursos técnicos y la inexistencia de departamentos de investigación y desarrollo que apoyen la innovación, aunque sus productos pueden ser altamente especializados. Las PyMEs, en general, no siguen los estándares para incorporar procedimientos, no usan tecnologías basados en estándares, y no poseen alianzas con centros de investigación, ni universidades que los apoyen en la innovación. La situación de las PyMEs en América Latina (AL) es más grave por la dificultad de los costos asociados y el nivel de digitalización.

3.2 Análisis de la información de las PyMEs en AL
América Latina posee un parque industrial que está en rezago tecnológico respecto al nivel mundial [21]. En el caso de las Micro-PyMEs que forman el 99% del

universo de ellas en AL [22], la presencia de tecnología de avanzada es aún menor. Sin embargo, la región está consciente de la importancia de I4.0 y por eso ha sido ampliamente difundido y se espera que las empresas lo incorporen. Brasil plantea, “Rumbo a la Industria 4.0 (Rumo à Indústria 4.0) [24]; Argentina indica el uso del paradigma para conservar la competitividad [25]. En Colombia hay programas como Ruta-N que está orientado a incrementar el desarrollo tecnológico con la incorporación de las tecnologías asociadas a I 4.0. La asimilación de la tecnología, de manera integral, se plantea como un reto en la industria colombiana, [26].

En visitas realizadas encontramos que las PyMES en general, están invirtiendo para incorporar sistemas ERP, CRM, etc., orientados a los procesos de negocio, sin embargo, están dejando de lado la apropiación tecnológica y manejo conceptual que se requiere para desarrollar de forma eficiente sus procesos. Delegan el logro de objetivos estratégicos a determinadas tecnologías; no se tiene en cuenta la visión sistémica y la articulación de todas las áreas de la compañía en pro de un objetivo común. Esto se traduce en empresas poco maduras y limitadas a la hora de tomar las decisiones correctas para aplicar modelos de referencia tales como I4.0. Por otra parte, no tienen personal que conozca las nuevas técnicas y tecnologías. Este tipo de personal no está disponible en las organizaciones por distintas razones, a) Profesión muy reciente. b) Personal disponible muy costoso para las PyMEs, c) Una sola persona no abarca todos los conocimientos del área. Desde el punto de vista gerencial ven a I 4.0 como un conjunto de tecnologías, y no como una forma distinta de estructurar la organización, establecer nuevos procedimientos, y el manejo de nuevas técnicas asociadas I4.0. En resumen, las dificultades vistas para la implantación de I 4.0 se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Dificultades para la implantación de I 4.0 en PyMEs

Elementos a considerar	Problema	Posible solución
Misión y visión de la organización	No tener claridad en los conceptos	<ul style="list-style-type: none"> • Suministro de información • Establecimiento de una ontología para la empresa. Tecnologías semánticas
	Temor al cambio organizacional.	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer una ruta de trabajo para el cambio. • Indicar los beneficios de tener organización más plana • Hacer notar la posibilidad de tener una mayor eficiencia
	Temor por los costos de introducción de I 4.0	<ul style="list-style-type: none"> • Hacer notar la posibilidad de tener una mayor eficiencia • Crear rutas para la incorporación de tecnología a lo largo del tiempo
	Falta de estándares de la organización.	<ul style="list-style-type: none"> • Creación de una ontología organizacional para Procesos, procedimientos, esquemas de integración vertical
Integración empresarial	Heterogeneidad en las funciones	<ul style="list-style-type: none"> • Modelar la organización holísticamente. • Establecimiento de una ontología para la empresa.
	Integración vertical	<ul style="list-style-type: none"> • Definir los esquemas de interacción entre los distintos procesos • Utilizar esquemas de buenas prácticas y de calidad total. • Unidades orientadas a la prestación de servicios
Tecnología de información y comunicaciones	Integración horizontal	<ul style="list-style-type: none"> • Usar conceptos de manufactura orientada por servicios • Tener los modelos de los distintos productos
	Integración de sistemas	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de los conceptos de “cloud computing” • Establecer buses de servicios para integrar aplicaciones • Uso de una ontología en la empresa y uso de estándares
Tecnologías OT	Desarrollo de aplicaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicaciones seleccionadas de acuerdo a una ruta de trabajo definida. • Creación de envoltorios para las aplicaciones existentes.
	Procesos con poca tecnología incorporada	<ul style="list-style-type: none"> • Caracterizar que procesos se deben instrumentar y automatizar y establecer prioridades para ir a un proceso de incorporación tecnológica • Incorporar instrumentación basada en tecnologías abiertas.
Personal para la implantación y operación	Procesos manuales por su naturaleza	<ul style="list-style-type: none"> • Instrumentar para medición directa o incorporar interfaces de bajo costo para medir variables de proceso, consumo de energía
	Carencia de personal en las áreas de tecnológicas de industria 4.0.	<ul style="list-style-type: none"> • Definir un plan de implantación con una arquitectura probada. • Usar tecnologías estándares disminuir o eliminar fallas de instalación • Utilizar equipos consultores multidisciplinarios, independiente de fabricantes, que cubran al máximo las áreas de tecnologías nuevas.
	Carencias de formación en personal de operación y gestión de la operación	<ul style="list-style-type: none"> • Incorporar en el plan de implantación la formación de operadores. • Complementar la formación de los ingenieros de producción • Usar los conceptos Manufactura Orientada a Servicios • Definir un marco semántico ontológico para la organización

4. Rutas posibles para la implantación de I 4.0 en PyMEs de AL

De la experticia obtenida en asesorías, e investigaciones realizadas se concluye que para una empresa alcanzar I4.0, se requiere de un mapa de ruta claro que combine tecnologías adecuadas, recursos, personas, así como el entendimiento y alineación del negocio frente a la realidad interna y externa: relaciones colaborativas (internas y externas), multidisciplinarias, apalancadas desde las altas gerencias y lo más importante, una conciencia empresarial para tener un negocio ágil, coordinado, integrado y que pueda salvaguardar los intereses de todos sus asociados.

La implementación del concepto de Industria 4.0 implica un cambio en la organización, tendiendo hacia estructuras más planas y la incorporación de tecnologías en el piso de planta, junto a esquemas de desarrollo para nuevos productos, especialización de las funciones, mecanismos de comunicación para hacer que los modelos de productos y procedimientos sean conocidos y entendidos por todos para poder tener productos personalizados. La implantación requiere de una metodología que, considerando los aspectos anteriores, garantice a las empresas y en particular a las PyMEs su éxito. En la Figura 5 se muestra ese esquema metodológico. En principio, las empresas Micro y PyMEs requieren “Conocer a I4.0” (recuadro verde superior izquierdo letras blancas) desde dos perspectivas, la primera una clara comprensión de los “Conceptos Claves” (recuadro verde letras amarillas) descritos en la sección 2.1 para estar en contexto de I4.0 y tener una idea de que tan amplia es la brecha que separa a la empresa de este ideal. La segunda perspectiva consiste en los “Medios para Lograrlo” (recuadro verde letras amarillas) enumerados en la sección 3.1 y del cual cada tipo de empresa realizara la escogencia adecuada según sus intereses. Ya “Conociendo I4.0”, se determina el “Estado Actual de la Empresa” (recuadro marrón con letras blancas) a través de un diagnóstico, establecido como preceptos en la sección 2.1.2 y 2.2, el cual corrobora y pone en contexto que tan distante está la empresa de poder considerarse una empresa I4.0. Con el “Estado Actual de la Empresa” se definen de forma simultanea los “Objetivos” y los “Motivadores I4.0”. Los “Objetivos” (recuadro verde letras blancas) admisibles para la empresa en corto, mediano y largo plazo con el fin de ir hacia I4.0 en función de las restricciones propias de la empresa, la competencia y la demanda definidos en la sección 2.1, y los “Motivadores I4.0” (recuadro azul claro letras blancas) que son los que satisfacen la visión de la empresa, dados en la sección 2.1 (Figura 2). Por

otro lado se establece la “Definición de los Medios” (recuadro azul oscuro con letras blancas) para alcanzar estas nuevas capacidades dadas en la sección 3.1 para lograr I4.0. Con los “Objetivos” y los “Motivadores I4.0” se establecen las nuevas funciones de la empresa según las nuevas capacidades gerenciales dadas en la sección 3.1 y que determina la “Reorganización de la Empresa” (recuadro azul con letras blancas), siendo este un proceso de internalización. Con la “Definición de los Medios” y la “Reorganización de la Empresa” se definen los “Habilitadores” (ovalado azul con letras blancas) requeridos para efectuar los cambios según lo descrito en la sección 2.1 con la cual se establece el alcance de la implantación en función de los “Objetivos” dando como resultado requerimiento de “Formación” (recuadro verde con letras blancas) establecidos en la tabla 1 y la “Técnicas y Tecnologías” (recuadro azul con letras blancas) requeridas para hacer efectiva la implantación según lo descrito en la sección 2.1. Definidos la “Formación” y la “Técnicas y Tecnologías”, se establece un “Plan” (recuadro marrón con letras blancas) de corto, mediano y largo plazo con mecanismos de seguimiento y evaluación según los “Objetivos” establecidos.

Para empresas en Europa y EEUU donde la automatización se establece en el tope del nivel 3 de la evolución, este proceso es guiado por empresas especializadas, es por ello que en la Figura 5 los elementos verdes con borde azul corresponden a estos entes que ayudan, guían, realizan estas labores denominadas “Requerimientos de terceros”. Para las Micro y PyMEs, establecer esta hoja de ruta es complicado por las razones antes expuestas, más aún cuando se debe hacer un gasto oneroso para tener asesoría. Dentro del contexto de América Latina cuya industria no alcanza los niveles de automatización deseado, antes de pensar en la idea de ser I4.0, se debe replantear el uso del marco conceptual ofrecido por I4.0 y la metodología aquí mostrada, en pro establecer una adecuada sistematización, una correcta integración tanto vertical y horizontal que incluya el manejo de la logística de los procesos y el ciclo de vida del producto con la idea de un plan a más largo plazo que permita a las empresas ir por el camino correcto hacia la flexibilización y por ende a su competitividad.

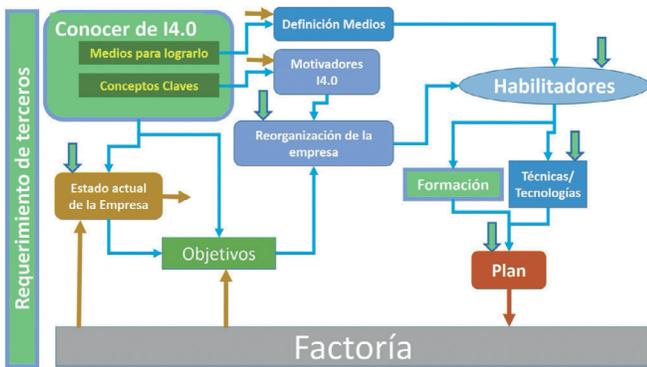


Figura 5. Esquema de Implantación de I 4.0

Para ser factible este esquema de implantación para las Micro y PyMEs, pudiendo superar los obstáculos y conflictos dados en la sección 3.1 y 3.2, se requiere que organismos oficiales, así como la propias PyMEs creen mecanismos o entes de asesoría/consultoría que involucren Universidades, grupos de investigación, Consultores (Empresas o individuos) para tener el apoyo en las etapas reseñadas en el esquema mostrado en la figura 5, por medio de proyectos financiados por terceros.

5. Conclusiones

En el trabajo se muestran los requerimientos que se deben cumplir para que una empresa sea considerada dentro del marco de I 4.0. Este marco implica la incorporación de técnicas, de tecnologías, una arquitectura de automatización. El éxito de la propuesta radica en que la empresa y sus integrantes conozcan el paradigma de I4.0 desde dos perspectivas “Los conceptos claves” y los “Medios para lograrlo”. El primero proporciona las bases la teoría de I4.0 que, aunque en principio la empresa no pueda ir hacia su digitalización, la pueda usar en pro de mejoras tanto en los procesos de negocio como en los procesos de producción. El segundo, permite conocer cuáles son los mecanismos y de que se dispone para tener una empresa digital.

Nuestro objetivo fue proponer un esquema para la implantación de una hoja de ruta de I 4.0 para la industria de américa latina y el caribe y en particular a las Micro y PyMEs. Este objetivo fue alcanzado por definir una metodología en la sección 4, que no solo permite a las empresas ir hacia I4.0, sino que la pone en contexto de cuál es su nivel de sistematización, integración y automatización tanto en los procesos de negocio como en los procesos de producción y cuál es el requerido en función de las expectativas a corto, mediano y largo plazo definidos por ella y con esto se establece un plan para lograrlo que incluye formación tecnificación y tecnologización.

Las Micro y PyMEs a nivel mundial no están preparadas para ese cambio, por lo que se debe tener una estrategia que incluya la definición de la arquitectura con personal temporal, la formación de personal dentro de la empresa, una estrategia de incorporación y cambio tecnológico que permita en un tiempo prudencial ir incorporando los cambios y obteniendo el retorno de esos cambios. Incorporar la tecnología sin tener el personal adecuado puede llevar a pérdidas monetarias, insatisfacción del personal, anulación de expectativas.

Para el caso particular de las Micro y PyMEs, se realiza una propuesta, que rompe con el esquema de falta de adaptación y altos costos por asesoría, derivada de la creación de un consorcio de expertos asesores, a través de ayuda de terceros, que subsanen las desventajas y riesgos, y hacerles factible el esquema de implantación propuesto.

6. Referencias

- [1] D. Kochan, R. Miksche, “Advanced manufacturing and Industry 4.0 for SME”, in International Conference on Advanced Manufacturing Engineering and Technologies, pp 357-364, 2017.
- [2] T. J. Williams, “A Reference Model for Computer Integrated Manufacturing” (CIM), ISA, Ed. 1989.
- [3] J. Cardillo, E. Chacón, “Evolution of Integrated Automation Approach”, in 9th WSEAS International Conference on Advances in Computational Intelligence, Man Machine Systems and Cybernetics, pp 274-288, 2010.
- [4] S. Jeschke, C. Brecher, T. Meisen, D. Özdemir, T. Eschert, “Industrial internet of things and cyber manufacturing systems Industrial Internet of Things”, Springer, 3-19, 2017.
- [5] B. Vogel-Heuser, D. Hess, “Guest editorial industry 4.0—prerequisites and visions”, IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, 13(2), pp 411-413, 2016.
- [6] Grangel-González, Irlán and Halilaj, Lavdim and Coskun, Gökhan and Auer, Sören and Collarana, Diego and Hoffmeister, Michael. Towards a semantic administrative shell for industry 4.0 components. En 2016 IEEE Tenth International Conference on Semantic Computing (ICSC). IEEE, 2016. p. 230-237. Doi: 10.1109/ICSC.2016.58
- [7] T. D. Oesterreich, F. Teuteberg, “Understanding the implications of digitization and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry”, Computers in Industry, 83, 121–13, 2016. Doi: <https://doi.org/10.1016/j>

- compind.2016.09.006
- [8] L. D. Xu, E. L. Xu, L. Li, “Industry 4.0: state of the art and future trends”, *International Journal of Production Research*, Taylor & Francis, 56, 2941-2962-2018.
- [9] L. Sommer, “Industrial revolution - industry 4.0: Are German manufacturing SMEs the first victims of this revolution?”, *Journal of Industrial Engineering and Management*, vol. 8, 2015. Doi: 10.3926 / jiem.1470
- [10] H. Lasi, P. Fettke, H.-G. Kemper, T. Feld, M. Hoffmann, “Industry 4.0”, *Business & Information Systems Engineering*, 6, 239–242, 2014.
- [11] M. Ghobakhloo, , “The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0”, *Journal of Manufacturing Technology Management*, Emerald Publishing Limited, 29, pp 910-936,2018. Doi: <https://doi.org/10.1108/JMTM-02-2018-0057>
- [12] A. Zeid, S. Sundaram, M. Moghaddam, S. Kamarthi, T. Marion, “Interoperability in Smart Manufacturing”, *Research Challenges Machines*, 7, 2019.
- [13] Li Shancang, Xu Li Da, Zhao Shanshan, “The internet of things: a survey”, *Information Systems Frontiers*, PP 243–259, 2015. Doi 10.1007/s10796-014-9492-7
- [14] E. A Lee, “Cyber Physical Systems: Design Challenges”, 11th IEEE International Symposium on Object Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC), IEEE, pp 363-369, 2008.
- [15] A. Gandomi, M. Haider, “Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics”. *International Journal of Information Management*, Elsevier, vol. 35, pp 137-144, 2015. .Doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2014.10.007>
- [16] M. Chen, S. Mao, Y. Liu, “Big Data: A Survey”. *Mobile Networks and Applications*, vol. 19, pp 171 – 209, 2014.
- [17] P. O’Donovan, K. Leahy, K. Bruton, “Big data in manufacturing: a systematic mapping study”, *Journal of Big Data*, vol. 2, 2015.
- [18] J. Zhou, Y. Zhou, B. Wang, J. Zang, “Human–Cyber–Physical Systems (HCPSs) in the Context of New-Generation”, *Intelligent Manufacturing Engineering*, 5, pp 624–636, 2019. Doi:<https://doi.org/10.1016/j.eng.2019.07.015>
- [19] R. Glass, A. Meissner, C. Gebauer, S. Stürmer, J. Metternich, “Identifying the barriers to Industrie 4.0”, *Procedia CIRP*, vol. 72, pp 985 –988, 2018. Doi:<https://doi.org/10.1016/j.eng.2019.07.015>
- [20] S. Mittal, M. A. Khan, D. Romero, T. Wuest, “A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs)”, *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 49, pp 194 – 214, 2018. Doi: 10.1016/j.jmsy.2018.10.005.
- [21] R. Suescun, S. Lee, (2019). Robots en América Latina. ¿Cuántos son, dónde están y cuánto tributan? [Online]. Available: <https://blogs.iadb.org/gestion-fiscal/es/robots-en-america-latina-cuantos-son-donde-estan-y-cuanto-tributan/>
- [22] M. Dini, G. Stumpo, U. Eueopea, (2018). Mipymes en América Latina: un frágil desempeño y nuevos desafíos para las políticas de fomento. CEPAL
- [23] L. S. Dalenogare, G. B. Benitez, N. F. Ayala, A. G. Frank, “The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance”, *International Journal of Production Economics*, vol. 204, pp 383 – 394, 2018. Doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.019>
- [24] P. Garneró, Industria 4.0, un informe sobre este desafío para Argentina. INTAL/BID, 2018.
- [25] K. V. Bareño Sinisterra, S. Mora Mejía, J. I. Rodríguez Molano, “Industry 4.0 and Its Development in Colombian Industry”, In *Workshop on Engineering Applications*, 312-323, 2017. Doi: 10.1007 / 978-3-319-66963-2_28