



Fecha de presentación: diciembre, 2021

Fecha de aceptación: marzo, 2022

Fecha de publicación: mayo, 2022

ANÁLISIS

DEL CONTEXTO PERUANO PARA LA APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS ASOCIADAS A INDUSTRIA 4.0

ANALYSIS OF THE PERUVIAN CONTEXT FOR THE APPLICATION OF TECHNOLOGIES ASSOCIATED WITH INDUSTRY 4.0

Berlan Rodríguez-Pérez¹

E-mail: brodriguezp@pucp.edu.pe

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1063-8190>

Shaaron Smledy Chalco Alban¹

E-mail: schallcoa@pucp.edu.pe

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3122-4432>

Miguel Angel Salas Salazar¹

E-mail: miguel.salass@pucp.edu.pe

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9773-2678>

¹ Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Rodríguez Pérez B., Chalco Alban C. A., & Salas Salazar M. A., (2022). Análisis del contexto peruano para la aplicación de tecnologías asociadas a industria 4.0. Universidad. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(3), 597-603.

RESUMEN

La presente investigación plantea como objetivo analizar el contexto peruano para la implementación de las tecnologías asociadas a la Industria 4.0, con la finalidad de elaborar un modelo de madurez adaptado a dichas condiciones. Para ello, el marco teórico inició con una revisión bibliográfica acerca de la madurez y principales modelos de madurez para la Industria 4.0. A partir del análisis bibliográfico, se consideró que se requiere elaborar un modelo de madurez adaptado a la realidad de las organizaciones peruanas, ya que existe un rezago en cuanto a las tendencias de la Industria 4.0 y que se requiere actuar sobre ello para mantener la competitividad en el país. Las dimensiones y niveles del modelo propuesto son presentadas en este documento.

Palabras Clave: Industria 4.0, Modelos de madurez, Transferencia tecnológica, innovación.

ABSTRACT

This research aims to analyze the peruvian context for the implementation of the industry 4.0-associated technologies, to develop a maturity model adapted to this context. Thus, the theoretical framework started with a bibliographical review about maturity and the main maturity models towards Industry 4.0 existent. From it, it was concluded that it was required to elaborate a maturity model adapted to the peruvian organizations' reality due to there is a huge gap concerned to the implementation of the industry 4.0 technologies in the country and it is urgent to act towards that to maintain the competitiveness of the peruvian industries. The dimensions and levels that conform the proposed maturity model are presented in this article.

Keywords: Industry 4.0, maturity models, technology transfer, innovation.

INTRODUCCIÓN

En el mundo, los recientes cambios tecnológicos están transformando las empresas de fabricación tradicionales en fábricas inteligentes (*Smart Factories*), las cuales integran los recursos humanos, productos y máquinas basadas en información y tecnología, en sistemas de fabricación automatizados, digitalizados y sensibles al contexto, con la finalidad de optimizar la ejecución de los modelos de negocio (Chen, 2017). Estas fábricas inteligentes, sumadas con los *Cyber-Physical-Systems* (CPS), el Internet de las Cosas (IoT) y el Internet de los Servicios (IoS), forman la columna vertebral de la Industria 4.0, que ha dado lugar a una Cuarta Revolución Industrial (Hermann et al., 2016). De esta forma, las empresas se encuentran cada vez más conectadas digitalmente (Ghobakhloo, 2018) e integradas horizontalmente, permitiendo así la colaboración y asociación entre las partes interesadas (Hermann et al., 2016).

En este sentido, es necesario que las organizaciones busquen formas de adaptarse a la llegada de las tecnologías asociadas al fenómeno de la Industria 4.0. No obstante, en muchas ocasiones no tienen un camino definido para enfrentar este reto de la digitalización o crear oportunidades de crecimiento según sus capacidades para el desarrollo e implementación de tecnologías (Ganzarain & Errasti, 2016). De esta manera, la mayor parte de las empresas no saben cómo responder ante la llegada de la Industria 4.0 y sus tecnologías, por lo que tienen problemas para incluirlas en su estrategia de negocios (Rejikumar et al., 2019). Cabe señalar también que las dificultades para adaptarse a este nuevo enfoque plantean desafíos para todo tipo de organizaciones, independientemente de su tamaño, sector o rubro.

La situación del Perú no es ajena a esto. El país tiene uno de los niveles de gasto en I+D más bajos de la región, representando el 0.1% de su PBI (Ministerio de la Producción, 2016). Además, para el 2021, el Perú quedó en el puesto 70 de 130 en el Índice Mundial de Innovación, el cual posiciona a los países de acuerdo a su capacidad para innovar (WIPO, 2021).

Es así como surge la necesidad de adaptarse y mejorar la capacidad de innovación en el país y de sus organizaciones. Para lo cual una forma puede ser el uso de los Modelos de Madurez, los cuales ayudan a valorar el estado de una empresa, brindando insumos para una correcta planeación estratégica y adaptación a las tecnologías emergentes.

Con respecto a la aplicación de la Industria 4.0 en organizaciones, en el ámbito regional, se destaca el trabajo presentado por Pacheco (2020), cuyo objetivo fue conocer

las necesidades y expectativas que presenta el sector manufacturero en Bogotá, y de qué manera las empresas del rubro adoptan las tecnologías asociadas a la Industria 4.0. A través del uso de una encuesta, se logró determinar que existe una brecha significativa en la comprensión detallada de dichas tecnologías en las empresas encuestadas, lo cual, a su vez, genera desconocimiento sobre las ventajas de su implementación. Por otra parte, Alanya y Panduro (2020) presentaron una investigación que involucró a 385 directores de Mypes peruanas, en la que encontraron que la mayoría de estas están poco o muy poco preparadas para implementar la Industria 4.0. Por otro lado, en cuanto a la aplicación de Modelos de Madurez de la Industria 4.0, se tiene la investigación planteada por Briones et al. (2020), en la que se evalúa la madurez de dos Pymes del sector textil-confecciones peruano a través del modelo propuesto por VDMA et al. (2015). Como resultado, se obtuvo puntuaciones correspondientes a los niveles 0 y 2 de madurez, indicando así un bajo nivel de preparación de la Industria 4.0 para las empresas participantes. Por último, Córdova y Rondón (2019) diseñaron y aplicaron un modelo de madurez con el fin de identificar el estado de la implementación de tecnologías asociadas a la Industria 4.0 en el sector textil manufacturero del Valle de Aburrá, Colombia. Las dimensiones del modelo elaborado se basaron en el análisis de diferentes modelos de madurez hacia la Industria 4.0, principalmente del modelo HADA (Herramienta de autodiagnóstico avanzado para la evaluación de la madurez digital), elaborado por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad de Colombia. Tras la aplicación del modelo, se encontró que el sector textil-manufacturero del Valle de Aburrá tiene un nivel medio en la apropiación de tecnologías 4.0.

En este contexto, se puede evidenciar que las empresas necesitan herramientas y enfoques adecuados para afrontar y aprovechar las tecnologías innovadoras y disruptivas que trae consigo la Industria 4.0. Por ello, el presente estudio tiene como objetivo proponer un modelo de madurez que brinde un diagnóstico del estado actual de las capacidades de una organización relacionadas con la Industria 4.0. Asimismo, se espera ayudar a profesionales e investigadores académicos involucrados en la evaluación de la madurez de empresas industriales y de proyectos de implementación de tecnología.

MARCO TEÓRICO

La evaluación de la madurez de las organizaciones manufactureras es un importante punto de partida para la implementación efectiva de la Industria 4.0. La madurez es definida como el estado de ser completo, perfecto o listo (Nikkhou et al., 2016). Para su evaluación, un instrumento

comúnmente usado son los Modelos de Madurez, los cuales involucran una secuencia de etapas que permiten conocer el estado actual, evaluar situaciones y guiar posibles mejoras en una organización dentro de su camino de transformación (Klötzer & Pflaum, 2017). En este sentido, los modelos de madurez para la Industria 4.0 permiten identificar la situación de una organización con respecto a lo propuesto por la Industria 4.0. Esto facilita la identificación de áreas en las que se pueden realizar cambios y brindan insumos para la elaboración de una “hoja de ruta” para la generación de estrategias enfocadas en la correcta adaptación a esta tendencia (Tonelli et al., 2016).

Existen también los modelos de preparación, que tienen como objetivo capturar el punto de partida y permitir la inicialización del proceso de desarrollo. La diferencia con los modelos de madurez radica en que la evaluación de la preparación se lleva a cabo antes de participar en el proceso de maduración, mientras que la evaluación de la madurez tiene como objetivo capturar el estado tal como está durante el proceso de maduración (Schumacher et al., 2016). Teniendo esto en consideración, para efectos del presente estudio, la definición de madurez, en el marco de la Industria 4.0, aborda el grado de preparación o implementación de los elementos propuestos por esta tendencia, en un momento específico.

En adición, los modelos de madurez pueden ser de tres tipos: descriptivo, prescriptivo y comparativo. Por un lado, aquellos de tipo descriptivo buscan evaluar la situación actual de una organización o proceso. Por otro, los modelos de carácter prescriptivo tienen como finalidad el desarrollo de una hoja de ruta para la mejora. Finalmente, los modelos comparativos buscan realizar evaluaciones comparativas entre empresas, industrias o regiones (De Bruin et al., 2005).

Ahora bien, diversos modelos de madurez y preparación para la Industria 4.0 han sido desarrollados. En la siguiente tabla (Tabla 1), se presenta un resumen de los principales modelos existentes y las dimensiones que consideran en su evaluación.

Tabla 1: Principales modelos de evaluación de la madurez en industria 4.0.

Autores	Nombre del modelo	Dimensiones/Categorías
Klötzer & Pflaum (2017)	Hacia el desarrollo de un modelo de madurez para la digitalización dentro de la cadena de suministro de la industria manufacturera	Desarrollo de estrategia Oferta al cliente Productos/Empresa inteligente Sistema TI complementario Cooperación Estructura organizacional Proceso organizacional Competencias Cultura de innovación
Ganzarain & Errasti (2016)	Modelo de madurez para la Industria 4.0 de tres etapas para pequeñas y medianas empresas	Manufactura avanzada (Advanced manufacturing) Energía (Energy) Electrónica avanzada (Advanced electronic) Negocio digital (Digital Business)
De Carolis et al. (2017)	Modelo de Madurez de Evaluación de Preparación Digital de empresas manufactureras	Procesos Monitoreo y control Tecnología Organización
Price Waterhouse Coopers (2016)	Autoevaluación de Industria 4.0 / Operaciones Digitales	Modelo de negocios, cartera de productos y servicios Acceso al mercado y al cliente Cadena de valor y procesos Arquitectura de TI Cumplimiento normativo, riesgo, seguridad e impuestos Organización y cultura
VDMA et al. (2015)	Autoevaluación en línea de preparación para la industria 4.0 para empresas	Estrategia y organización Fábrica inteligente Operación inteligente Productos inteligentes Servicios basados en datos

Schumacher et al. (2016)	Modelo de madurez para evaluar la preparación y madurez de las empresas manufactureras en la Industria 4.0	Estrategia Liderazgo Clientes Productos Operaciones Cultura Personas Gobernanza Tecnología
--------------------------	--	--

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Adaptabilidad de un modelo de diagnóstico de madurez

La elaboración del modelo de madurez adaptado a la realidad organizacional peruana estuvo basada en la metodología de desarrollo de modelos de madurez propuesta por De Bruin et al. (2005), la cual consta de seis etapas: caracterizar, diseñar, poblar, testear, implementar y mantener. Sin embargo, dado el alcance y objetivos del proyecto, se utilizó las cuatro primeras. A continuación, en la Figura 1, se muestran las fases seguidas en la investigación.

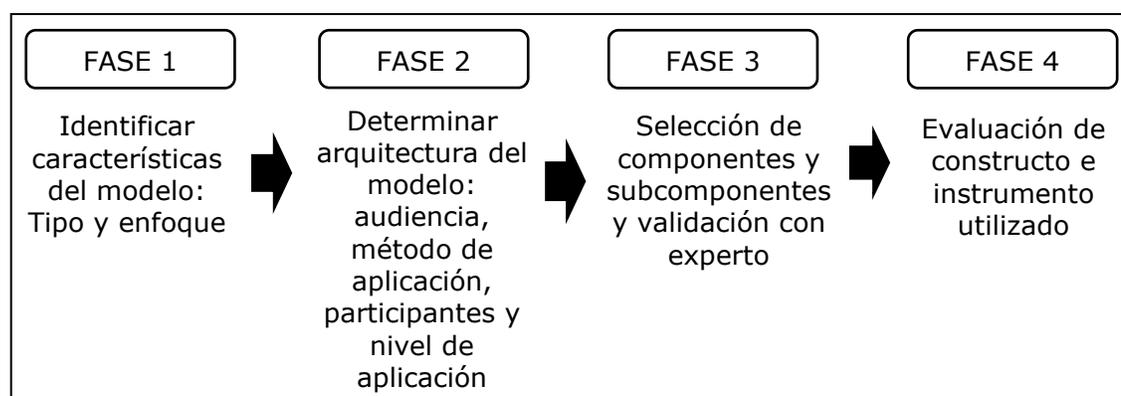


Figura 1: Fases empleadas en la presente investigación.

Fuente: Tomado de (De Bruin et al., 2005).

En primera instancia, se determinaron las características del modelo. Es así que, se optó por realizar uno de tipo descriptivo, enfoque que brinda una comprensión más profunda de la situación actual (as-is) con respecto a la adopción de la Industria 4.0 (De Bruin et al., 2005). Por otro lado, el enfoque es de dominio general, pues se espera evaluar distintos aspectos en las organizaciones de todo el Perú.

En segunda instancia, para la fase de diseño se determinó la arquitectura del modelo, con la finalidad de establecer las bases para su desarrollo y aplicación (De Bruin et al., 2005). Así, se seleccionó la audiencia, método de aplicación, participantes y nivel de aplicación, de acuerdo con las opciones presentadas en la siguiente tabla (Tabla 2).

Tabla 2: Arquitectura del modelo propuesto en la presente investigación.

Criterio	Características		
	Interna		Externa
Audiencia	Ejecutivos, Gerencia		Audidores, Socios
Método de aplicación	Autoevaluación	Asistido por terceros	Personal certificado
Participantes	Gerencia	Trabajadores	Socios comerciales
Nivel de aplicación	Una entidad / Una región	Múltiples entidades / Una región	Múltiples entidades / múltiples regiones

Fuente: Tomado de (De Bruin et al., 2005).

En tal sentido, la audiencia seleccionada fue interna, que incluye a los ejecutivos y gerencia. El método de aplicación fue la autoevaluación, debido a que se buscó que el cuestionario sea respondido por los mismos encuestados. Para los participantes se consideró a la gerencia y trabajadores de mando medio, es decir, a miembros de organizaciones que ocupen puestos desde asistentes o analistas hasta cargos directivos, jefatura y gerencia general. Por último, el nivel de aplicación del modelo es a múltiples entidades en múltiples regiones, considerando el objetivo de recopilar información de todas las organizaciones del país.

En tercera instancia, se procedió con la elección del contenido del modelo, es decir los componentes, subcomponentes y niveles de madurez. Para ello, se revisaron y analizaron los principales modelos de madurez existentes a nivel mundial. De esta manera, se inició con la búsqueda de los términos en inglés "*Maturity Model*" e "*Industry 4.0*" en el portal de Scopus, clasificando los resultados en base a los autores más citados y mayor pertinencia del modelo de madurez o preparación. Así, se identificaron 15 modelos, los cuales fueron analizados en base a los siguientes aspectos: autores, dimensiones o categorías y niveles de madurez. Durante este proceso de revisión, se encontró que existen autores que no muestran a detalle los subcriterios y preguntas (*items*) que utilizaron en sus cuestionarios para la evaluación de la madurez. No obstante, a partir de la información disponible, se realizó un análisis exhaustivo y semántico de las dimensiones presentes en 13 modelos, agrupándolas en base a sus características en común con otras.

Como resultado de ello, se obtuvo que las siguientes dimensiones obtuvieron mayores repeticiones entre los modelos: Cultura organizacional, Datos, Estrategia, Gobernanza, Infraestructura, Liderazgo, Productos y servicios, Tecnología, y Operaciones y procesos. En la siguiente imagen (Figura 2) se presentan estas dimensiones ordenadas de acuerdo con la cantidad de repeticiones encontradas entre los distintos modelos.

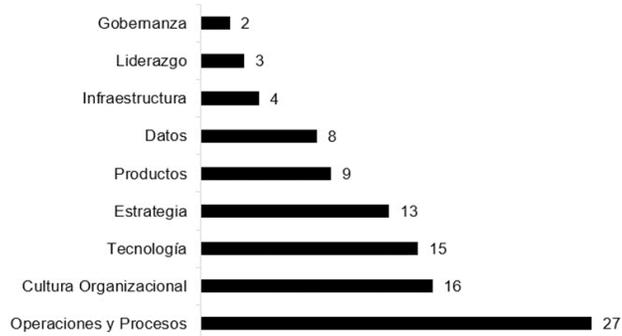


Figura 2: Dimensiones más repetidas en los modelos estudiados.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Tomando en cuenta que (De Bruin et al., 2005) indica que seis dimensiones y cinco subdimensiones son adecuadas, y que los modelos de madurez analizados, en su mayoría, poseen esta cantidad de dimensiones, se decidió escoger las seis de mayor repetición, quedando seleccionadas Operaciones y Procesos, Cultura Organizacional, Tecnología, Estrategia, Productos y Datos.

Por otro lado, se utilizó un cuestionario como herramienta cuantitativa para la recolección de datos, el cual fue elaborado tomando como principales referencias los ítems de los modelos de madurez de (Schumacher et al., 2016) y del (VDMA et al., 2015). Luego de ello, un experto brindó comentarios sobre la formulación de las preguntas y el contenido incluido en el cuestionario.

Por último, en esta etapa se definieron los niveles de madurez. Considerando que un principio de diseño común es representar la madurez como una serie de etapas acumulativas en las que 5 representa una madurez alta y 1 implica un nivel de madurez baja (De Bruin et al., 2005), se mantuvo este mismo criterio para la selección de los niveles de madurez del modelo. De esta manera, los niveles de madurez fueron definidos según la siguiente tabla 3.

Tabla 3: Niveles de madurez definidos para la evaluación de las organizaciones.

Nivel de madurez	Descripción
1 – Muy bajo	Existe un nulo o poco conocimiento sobre la Industria 4.0, no se aprovechan las tecnologías de la tendencia y no se considera su implementación en la organización.
2 – Bajo	Existe conocimiento superficial acerca de la Industria 4.0 y sus beneficios para la organización, por lo que se le considera importante y se tiene contemplada su implementación en el futuro.
3 – Medio	Existe una hoja de ruta definida para la implementación de la Industria 4.0 en la organización, pero esta aún no ha sido implementada por completo.
4 – Alto	Ya se ha llevado a cabo actividades relacionadas a la Industria 4.0 dentro de algunas áreas o en las áreas clave de la organización, por un periodo menor a un año.
5 – Muy alto	Ya se viene aplicando la Industria 4.0 y sus tecnologías asociadas en todas, o la mayoría, de las áreas de la organización por un periodo mayor a un año. Asimismo, se cuenta con un área especializada en Investigación y Desarrollo que busca mantener actualizada a la organización con respecto a las nuevas tendencias de su industria.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

En la última fase, (De Bruin et al., 2005) sugiere evaluar el constructo del modelo y el instrumento utilizado para conseguir validez y confiabilidad. Por un lado, la validez del constructo es representada por la existencia de validez de forma y contenido. Al respecto, como se mencionó, se validó el cuestionario elaborado con un experto y se procedió a aplicar las sugerencias recibidas, logrando así la validez de forma. Por su parte, para la validez de contenido, se ha revisado y analizado la literatura con la finalidad de asegurar que los ítems y dimensiones consideradas en el modelo guarden relevancia con el tema.

CONCLUSIONES

El Perú se encuentra rezagado en la preparación e implementación de tecnologías asociadas a la Industria 4.0 ya que presenta una baja posición en los principales índices que evalúan la preparación tecnológica, adopción de TICs, innovación y nivel de investigación y desarrollo de los países. Ante esto, se evidencia la necesidad de buscar maneras de cómo adaptarse a la tendencia de la Industria 4.0 en el país. Por lo que se hace necesaria una herramienta que oriente el proceso de transformación digital como son los modelos de madurez.

De la revisión de la literatura, se encontró que la mayor parte de los modelos consultados son de origen europeo, específicamente de países como Alemania, los cuales han iniciado su proceso de adaptación hacia esta tendencia con mucha más anterioridad que en Latinoamérica. Esto dificulta su aplicación en contextos como el del Perú. Asimismo, esta revisión ha permitido identificar que la mayoría de los modelos existentes se encuentran dirigidos principalmente a empresas del sector privado, específicamente de la industria manufacturera. Además, los modelos comúnmente abordan dimensiones que evalúan la inclusión de la Industria 4.0 en aspectos como operaciones, cultura, tecnología, estrategia, productos, datos, infraestructura, liderazgo y gobernanza. Sobre el diseño de estos modelos de madurez, se identificó que se hace uso de una escala de Likert de 5 niveles para las preguntas, así como también presentan cinco niveles de madurez para la clasificación de las organizaciones evaluadas. Estos hallazgos han permitido reforzar la necesidad del desarrollo de un modelo de madurez que no sea exclusivo para empresas privadas, sino aplicable a todo tipo de organizaciones. A su vez, el análisis realizado permitió encontrar características a considerar para la creación del modelo adaptado al contexto peruano.

Tras la revisión bibliográfica, análisis de los modelos existentes y entendimiento del contexto peruano con respecto a la Industria 4.0, se propuso un modelo de madurez compuesto por las siguientes dimensiones a evaluar:

Operaciones y Procesos, Tecnología, Estrategia, Cultura Organizacional, Productos y Servicios, y Datos. Para ello, se formularon 37 preguntas, con alternativas de respuesta correspondientes a una escala de Likert del 1 al 5, donde cada respuesta guardaba relación con uno de los cinco niveles de madurez planteados. Para el testeado del modelo, se recogieron 134 respuestas, a las que se les aplicó un análisis factorial confirmatorio. En base a los resultados, se retiró la dimensión Estrategia del modelo propuesto, pues esta era estadísticamente indistinguible de la dimensión Tecnología, resultando en que el modelo final esté compuesto por las dimensiones Operaciones y Procesos, Tecnología, Cultura Organizacional, Productos y Servicios, y Datos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alanya, J., & Panduro, J. (2020). *INNOVACIÓN E INDUSTRIA 4.0 EN LAS MICRO Y PEQUEÑAS EMPRESAS DE LIMA CENTRO, LIMA*. https://www.researchgate.net/publication/347006815_INNOVACION_E_INDUSTRIA_40_EN_LAS_MICRO_Y_PEQUENAS_EMPRESAS_DE_LIMA_CENTRO_LIMA
- Briones, R., Medina, M., & Marinelli, S. (2020). *Transformación 4.0 en el sector Textil-Confecciones: caso Confecciones Polcyr S.R.L. y Textil del Valle S.A.* http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/18791/MARINELLI_TAGLIAVENTO_MEDINA_BALSECA_BRIONES_DEZA%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Chen, H. (2017). Applications of Cyber-Physical System: A Literature Review. *Journal of Industrial Integration and Management*, 02(03), 1750012. <https://doi.org/10.1142/s2424862217500129>
- Córdova, M., & Rondón, S. (2019). *Diseño de una herramienta diagnóstica del estado de la implementación de tecnologías asociadas a la industria 4.0 en el sector textil manufacturero en el Valle de Aburrá*. Universidad de San Buenaventura Colombia.
- De Bruin, T., Freeze, R., Kulkarni, U., & Rosemann, M. (2005). Understanding the Main Phases of Developing a Maturity Assessment Model. *Association for Information Systems*.
- De Carolis, A., Macchi, M., Negri, E., & Terzi, S. (2017). A maturity model for assessing the digital readiness of manufacturing companies. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 513, 13–20. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66923-6_2

- Ganzarain, J., & Errasti, N. (2016). Three stage maturity model in SME's towards industry 4.0. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 9(5), 1119–1128. <https://doi.org/10.3926/jiem.2073>
- Ghobakhloo, M. (2018). The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 29(6), 910–936. <https://doi.org/10.1108/JMTM-02-2018-0057>
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016). Design principles for industrie 4.0 scenarios. *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences, 2016-March*, 3928–3937. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.488>
- Klötzer, C., & Pflaum, A. (2017). Toward the development of a MM digitalization suppl.pdf. *Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences*, 4210–4219. <http://hdl.handle.net/10125/41669>
- Ministerio de la Producción. (2016). *ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA INNOVACIÓN ACTUAL DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA*. <https://ogeiee.produce.gob.pe/images/oeef/Doc/innovacion.pdf>
- Nikkhou, S., Taghizadeh, K., & Hajiyakhchali, S. (2016). Designing a Portfolio Management Maturity Model (Elena). *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 226(October 2015), 318–325. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.06.194>
- Pacheco, A. (2020). *PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0 EN EL SECTOR MANUFACTURERO DE BOGOTÁ* [Universidad Católica de Colombia]. [https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/25322/1/PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA INDUSTRIAL 4.0 EN EL SECTOR MANUFACTURERO DE BOGOTÁ.pdf](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/25322/1/PROPUESTA_DE_IMPLEMENTACION_DE_LA_INDUSTRIAL_4.0_EN_EL_SECTOR_MANUFACTURERO_DE_BOGOTÁ.pdf)
- Price Waterhouse Coopers. (2016). *The Industry 4.0 / Digital Operations Self Assessment*. <https://i40-self-assessment.pwc.de/i40/landing/>
- Rejikkumar, G., Sreedharan V, R., Arunprasad, P., Persis, J., & K.M, S. (2019). Industry 4.0: key findings and analysis from the literature arena. *Benchmarking*, 26(8), 2514–2542. <https://doi.org/10.1108/BIJ-09-2018-0281>
- Schumacher, A., Erol, S., & Sihn, W. (2016). A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises. *Procedia CIRP*, 52, 161–166. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.040>
- Tonelli, F., Demartini, M., Loleo, A., & Testa, C. (2016). A Novel Methodology for Manufacturing Firms Value Modeling and Mapping to Improve Operational Performance in the Industry 4.0 Era. *Procedia CIRP*, 57, 122–127. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.022>
- VDMA, IW Consultant, & RWTH Aachen University. (2015). *Industry 4.0 Readiness-Check*. <https://www.industrie40-readiness.de/?lang=en>
- WIPO. (2021). Global Innovation Index 2021: Tracking Innovation through the COVID-19 Crisis. En S. Dutta, L. Bruno, L. Rivera León, & S. Wunsch-Vincent (Eds.), *World Intellectual Property Organization* (World Inte, Número 14th Edition). <https://doi.org/10.34667/tind.44315>