

HACIA LA INNOVACIÓN DIGITAL, MEDIANTE UN ANÁLISIS DE CRITERIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE INDUSTRIA 4.0. ORDENACIÓN SISTEMÁTICA

TOWARDS DIGITAL INNOVATION, THROUGH AN ANALYSIS OF CRITERIA FOR THE IMPLEMENTATION OF INDUSTRY 4.0. SYSTEMATIC ARRANGEMENT

Manuel Arnoldo Rodríguez-Medina¹, Xóchitl Graciela Aguilar-Rivas², Luz Angélica Aguilar-Chávez³,
Eduardo Rafael Poblano-Ojinaga⁴, Jorge Adolfo Pinto-Santos⁵

<https://doi.org/10.61117/ipsumtec.v7i2.344>

¹Doctor en Ciencias de la Ingeniería. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, División de Estudios de Posgrado e Investigación. Correo: manuel.rm1@cdjuarez.tecnm.mx Teléfono: 656 688 2500 Dirección: Av. Tecnológico 1340, Colonia Fuentes del Valle, Ciudad Juárez, Chihuahua, Código Postal 32500. <https://orcid.org/0000-0003-1676-0664>

²Maestra en Calidad Total Six Sigma. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, División de Estudios de Posgrado e Investigación. Correo: xochitlrivas14@gmail.com Teléfono: 656 688 2500 Dirección: Av. Tecnológico 1340, Colonia Fuentes del Valle, Ciudad Juárez, Chihuahua, Código Postal 32500. <https://orcid.org/0009-0002-2281-1114>

³Maestra en Ingeniería Industrial. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, División de Estudios de Posgrado e Investigación. Correo: laach19@gmail.com Teléfono: 656 688 2500 Dirección: Av. Tecnológico 1340, Colonia Fuentes del Valle, Ciudad Juárez, Chihuahua, Código Postal 32500. <https://orcid.org/0009-0000-5700-6399>

⁴Doctor en Tecnología. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, División de Estudios de Posgrado e Investigación. Correo: sadministrativa@cdjuarez.tecnm.mx Teléfono: 656 688 2500 Dirección: Av. Tecnológico 1340, Colonia Fuentes del Valle, Ciudad Juárez, Chihuahua, Código Postal 32500. <https://orcid.org/0000-0003-3482-7252>

⁵Doctor en Tecnología. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, División de Estudios de Posgrado e Investigación. Correo: jorge.ps@cdjuarez.tecnm.mx Teléfono: 656 688 2500 Dirección: Av. Tecnológico 1340, Colonia Fuentes del Valle, Ciudad Juárez, Chihuahua, Código Postal 32500. <https://orcid.org/0000-0001-9614-2764>

Resumen – La Industria 4.0 asegura el cambio en los procesos de manufactura, en donde la digitalización de los sectores tanto económicos y de producción son la parte principal de la misma. Es necesario que exista una interacción directa en cada etapa del proceso de fabricación, relacionada con las maquinas, lo que coloca a las organizaciones que implementan estrategias de la Industria 4.0 con mejoras en sus procesos e innovando en sus unidades de negocio. La identificación de aquellos factores que son determinantes en la implementación de estrategias de la Industria 4.0, permitirá facilitar la transición en la innovación de los procesos con efectos positivos y eficientes. De este modo, el presente trabajo se aboca a realizar una propuesta, que contiene todas las partes que conforman la planeación del proyecto de investigación; el cual tiene por objetivo el análisis de los factores y las estrategias que permiten una implementación exitosa de la Industria 4.0.

Palabras Clave: Industria 4.0, factores, digitalización, implementación.

Abstract – Industry 4.0 ensures change in manufacturing processes, where the digitization of both the economic and production sectors are the main part of it. There needs to be direct interaction at every stage of the manufacturing process, related to machines, which places organizations implementing Industry 4.0 strategies with process improvements and innovating their business

units. The identification of those factors that are determinant in the implementation of Industry 4.0 strategies will facilitate the transition to process innovation with positive and efficient effects. Thus, this paper focuses on a proposal, which contains all the parts that will make up the planning of the research project; which aims to analyses the factors and strategies that enable a successful implementation of Industry 4.0.

Key words: Industry 4.0, factors, digitization, implementation.

INTRODUCCIÓN

El concepto de Industria 4.0 se ha convertido en una tendencia que ha venido a mejorar la forma en que se hacen las cosas, tanto en el día a día como en los aspectos laborales. Los dispositivos inteligentes, la aparición de la inteligencia artificial, nubes de información, el internet de las cosas, entre otros conceptos relevantes; han generado cambios grandes en las empresas, y en la forma de hacer las cosas de las personas.

Los resultados demuestran que los factores que impulsan facilitan y obstaculizan juegan un título influyente en la toma de decisiones de las compañías para adoptar Industria 4.0. Los principales factores de motivación identificados son los beneficios esperados, las oportunidades de mercado, el problema laboral, los requisitos del cliente, la competencia y la imagen de

calidad. Además, los recursos, las habilidades y el apoyo se identifican como factores facilitadores.

La falta de las personas adecuadas, la falta de financiamiento, la falta de conocimiento, los desafíos técnicos, la capacitación de los operadores y el cambio de mentalidad de los operadores para aceptar las nuevas tecnologías digitales se identifican como factores que obstaculizan.

Antecedentes

Existen diversas maneras de ordenar las partes que conforman un proyecto de investigación, pero siempre será de forma ordenada y respondiendo a ciertos criterios, un proyecto de investigación deberá contener, el objeto de estudio, las limitantes, objetivos, justificación, un esquema, marco de referencia, hipótesis, metodología, cronograma y fuentes. [1]

Desde el año 2011, el término industria 4.0 se ha integrado al sector industrial, sobre todo la implementación de las tecnologías de información y de comunicación. Este término se acuñó como una filosofía que le ofrece a las empresas la oportunidad de diferenciar sus productos, mediante el incremento de la eficiencia de sus procedimientos, rutinas y sistemas. También menciona que la industria 4.0 no solo es de la perspectiva tecnológica, sino que también incluye al recurso humano y la gestión de la cultura organizacional que tenga cada empresa, con la posibilidad de ser flexible. [2] En México el auge fue hasta 2018, con la entrada de un nuevo gobierno y la apertura de inversión en el sector manufacturero; empresas lograron introducir este concepto de industria 4.0 como un eje principal en el desarrollo económico del país. [3]

Un ejemplo de la introducción de la industria 4.0 en México es en el sector automotriz y en la industria textil, donde se han comenzado con la construcción y consolidación de fábricas inteligentes. [4] Estos cambios del uso de tecnológica, del comercio en línea ha tenido su auge en los últimos años. Todo este desarrollo va a la par que las industrias no sólo en México sino en América latina adoptan esta filosofía de industria 4.0. [5]

No existe una definición clara del término industria 4.0, pero el concepto ha adquirido un auge impresionante en la industria global. Los aspectos de interconexión/conectividad, el factor humano, internet de las cosas, interoperabilidad, planeación de la producción, como factores influyentes en los principios básicos de implementación. [6]

La industria 4.0 ha introducido cambios impresionantes en las empresas y organizaciones que operan en un mundo globalizado. Esto ha obligado a cambios en la comunicación, a nuevas maneras del procesamiento de la información, y en general, efectuar un análisis de los

requerimientos y capacidades en un nuevo estilo de vida.[7]

El documento de tendencias globales del 2030 hace énfasis en:

- Tecnología de la información y Comunicación
- Tecnologías pertinentes a la seguridad de los recursos vitales.
- Nuevas tecnologías de salud.
- Nuevas tecnologías de manufactura y automatización.

Las tecnologías de la información y comunicación actual no solo enfatizan en las redes sociales del Internet, sino que se ha convertido en una plataforma para comunicación entre máquinas y productos, ofreciendo una completa solución que supera las posibilidades potenciales de la industria manufacturera tradicional. [8]

Los principios para la implementación de la industria 4.0 incluyen los siguientes aspectos: interconexión, conectividad, asistencia técnica, el factor humano, inteligencia, conciencia, interoperabilidad, transparencia de información, tecnología, organización, planeación de la producción. [9]

La aplicación en conjunto de las prácticas de la Industria 4.0 deben de responder a las necesidades de innovación y eficiencia en los procesos.[10] [11] Más aún, las correctas aplicaciones de estos conceptos emergentes promueven la disminución de costos, debido a los buenos diseños y la eficiencia operacional de los procesos, reduciendo las inconformidades y tasas de defectos, así como asegurando la terminación y entrega del producto a tiempo. [12]

Impacto del proyecto

La etapa de planeación de cualquier proyecto de investigación, es una de las fases más importantes, ya que, en esta se genera el método de trabajo, los pasos a seguir, se determinan los materiales y también se enlistan los resultados que se esperan.

Al enfocarse en Industria 4.0 es necesario mencionar que, dada la competencia global existente en las organizaciones, las tecnologías y las estrategias de la industria 4.0 puede ser un factor impulsor para el incremento de su competitividad, ya que al introducir cambios estos impactan sus procesos. Con este estudio se espera tener el siguiente impacto y/o beneficios:

- Contar con información relevante y de primera mano de los elementos críticos en la puesta en marcha de la industria 4.0 en organizaciones de la región (Cd. Juárez – El Paso, Texas).
- Proponer un modelo predictivo que ayudará a la explicación de las relaciones entre los elementos identificados en este estudio, y el uso exitoso de las tecnologías y estrategias de la industria 4.0.

- Identificación de las necesidades de capacitación a profesionales y profesores para conceptualizar la adopción de la Industria 4.0, lo que permitirá diseñar estrategias enfocadas a una implementación efectiva.

DESARROLLO

Una vez definido los objetivos y el impacto del proyecto es muy importante determinar la metodología, los materiales y el método que se aplicará. A continuación, se muestran estos conceptos ya delimitados para el proyecto, los cuales tienen base en autores especialistas en el tema de la digitalización de la industria.

Metodología

La metodología a seguir será cuantitativa, ya que se utilizarán varias herramientas que van desde la recolección de datos, el análisis estadístico para probar supuestos y hasta la discusión de los resultados. [13] El camino de la investigación será mediante un estudio de análisis de variables y factores; realizándose de forma transversal- causal en un contexto local, sobre la industria 4.0; para después describir las relaciones causa- efecto de manera neutral. [14] El enfoque metodológico sugiere que las variables deben ser estudiadas en su estado natural, en los escenarios objetivos de forma independiente. [15]

Materiales

En la fase de revisión del estado del arte, se analizarán los artículos y publicaciones identificadas utilizando la base de datos de la biblioteca virtual de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ), la cual cuenta con 30 bases de datos. Para la recolección de información es necesario un instrumento de medición (en adelante IM) de tipo de cuestionario, previamente diseñado y validado. En la etapa de análisis estadístico de datos, es fundamental el uso de un ordenador de escritorio y/o portátil de media gama o gama alta; con las características suficientes como la velocidad del procesador y de capacidad de almacenamiento, para el uso de los paquetes de software como: Minitab®, SPSS® y Amos®.

Método

El método propuesto en este trabajo consiste en cuatro etapas:

Etapas 1. Diseño del IM, validación por juicio de expertos y confirmación de la confiabilidad interna del IM a través de análisis estadísticos.

Etapas 2. Análisis estadístico exploratorio inicial para la identificación de valores atípicos por medio de la Distancia de Mahalanobis; determinación del tamaño de la muestra y ajuste de los datos (KMO- Kaiser Meyer Olkin, y prueba de esfericidad de Bartlett)

Etapas 3. Análisis estadístico del modelo hipotético bajo el enfoque de cinco pasos o proceso de Modelado de Ecuaciones Estructurales (SEM). Los cuales son:

- Especificación del modelo
- Identificación del modelo
- Estimación del modelo
- Prueba del modelo
- Modificación del modelo

Etapas 4. Conclusiones, recomendaciones y futuras líneas de investigación.

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Es crucial planificar y ordenar sistemáticamente los pasos del proyecto de implementación de la industria 4.0 en Ciudad Juárez para garantizar su éxito y maximizar sus beneficios. Una planificación cuidadosa permite identificar y mitigar riesgos potenciales, optimizar el uso de recursos y establecer metas claras y alcanzables. Además, ayuda a coordinar las actividades de múltiples partes interesadas y a mantener el enfoque en los objetivos estratégicos a largo plazo.

Esto asegura una ejecución eficiente y efectiva del proyecto, minimizando retrasos y maximizando el retorno de la inversión. En resumen, la planificación sistemática es fundamental para guiar el proceso de la transformación hacia la industria 4.0 de manera estructurada y exitosa.

Al llevar a cabo esta ordenación, se obtuvo que el proyecto debido a su diseño cualitativo y tamaño de muestra limitado, los hallazgos de este estudio deben complementarse con estudios cuantitativos para mejorar la generalización del modelo propuesto.

El conocimiento de los componentes de decisión de Industria 4.0 ayudará a los fabricantes en su decisión de invertir o no en su implementación, ya que se pueden aplicar para equilibrar ventajas y desventajas, comprender los beneficios, identificar las habilidades y el soporte necesarios y qué desafíos esperar. Para los formuladores de políticas, nuestros hallazgos identifican aspectos importantes del ecosistema que necesitan mejorar y cómo se puede motivar a los fabricantes para que adopten Industria 4.0.

Este estudio sienta las bases teóricas para un enfoque alternativo para conceptualizar la adopción de Industria 4.0 más allá del concepto conocido como teoría unificada de aceptación y uso de la tecnología (UTAUT). La integración de factores positivos y negativos enriquece la comprensión de los factores de toma de decisiones para la adopción e implementación de Industria 4.0.

Una afluencia en el uso y la posterior abundancia de datos se puede atribuir al avance de la Industria 4.0 y ha pedido a las empresas que revisen sus sistemas. En la actualidad el manejo y procesamiento de información ha aumentado considerablemente, lo cual ha ocasionado que adoptar términos como *big data* o *IoT*.

Esto ha provocado que las empresas tengan más necesidad que nunca de recopilar, almacenar, procesar, controlar y gestionar su información, para que, al hacerlo, puedan ejercer un mejor uso y gestión de la misma.

Las empresas hacen uso de datos históricos contenidos en nubes o servidores virtuales de almacenamiento, esto con el fin de que sistemas autónomos puedan administrar y configurar y diagnosticar en base a esos datos históricos, el uso de este tipo de sistemas promueve al aumento de la productividad en las empresas, reduciendo el consumo de energía y la calidad de sus productos o servicios. Cuando se habla de conectividad nos referimos a la parte clave que permite el enlace entre dispositivos, sistemas y personas, aquello que les permite tener comunicación y estar intercambiando información. Adoptar tecnologías en las empresas, se refiere a los medios de comunicación y herramientas tecnológicas para la transferencia y almacenamiento de datos e información.

Estos canales que propician la adaptación a la cultura del uso de tecnologías es clave fundamental para el monitoreo de los procesos cuando se habla de producción, a la optimización de la eficiencia y a largo plazo la reducción de costos.

En la industria 4.0 el cliente se ha tornado en uno de los protagonistas principales, ya que su participación, sus preferencias y experiencias son fundamentales para incrementar la competitividad en la industria. Las empresas tienen que responder de manera efectiva no solo a las necesidades de los clientes sino a las expectativas. Es por ello que toda transformación en la industria comienza con la interacción de las empresas con sus clientes, ya sea mediante la personalización, la experiencia, la participación activa y la co-creación de valor, siendo estas las estrategias que la industria 4.0 requiere para su implementación en una empresa.

Siempre y cuando en todas estas estrategias la empresa aplique herramientas tecnológicas o sistemas inteligentes como algoritmos, inteligencia artificial, etc., se estará dando esa reciprocidad necesaria para la transformación digital. Ahora es el momento de que las organizaciones introduzcan los cambios para la Industria 4.0. Sin embargo, si va a iniciar los cambios, necesitará un plan bien pensado y un equipo que invierta en la actualización.

Para lo cual podría ser diseñado un cuestionario sobre los siguientes tópicos en la forma de las siguientes preguntas:

1. ¿Deberá una empresa intentar implementar los principios de Industria 4.0?
2. Si una empresa no aplica los principios de Industria 4.0, ¿cuál de los factores representa el motivo principal?
3. ¿Qué factores motivan a una empresa a implementar la Industria 4.0?
4. ¿Tienen las empresas alguna estrategia para la Industria 4.0?

Las actividades propuestas para llevar a cabo el proyecto se presentan en la Tabla 1, donde también se menciona el periodo de realización.

Tabla 1. Programación de actividades.

No.	Actividad	Periodo de realización
1	Revisión de literatura: Industria 4.0, factores críticos de éxito en industria 4.0, Calidad 4.0, Modelos predictivos Industria 4.0 para la identificación de factores críticos y sus posibles relaciones con la implementación exitosa de las tecnologías y estrategias Industria 4.0.	Enero-marzo 2024
2	Elaboración de marco teórico. Diseño y/o validación del Instrumento de medición por medio de corridas piloto y análisis estadísticos.	Abril-junio 2024
3	Aplicación del Instrumento de medición a población objetivo, validación del modelo hipotético estructural y obtención de resultados preliminares.	Julio-septiembre 2024
4	Análisis de resultados, adecuación del modelo predictivo propuesto, elaboración de conclusiones y recomendaciones, estudios futuros y propuestas de acción.	Octubre-diciembre 2024

CONCLUSIONES

La ordenación sistemática en la identificación de los factores para la implementación de la industria 4.0, es esencial por varias razones, permite una evaluación exhaustiva y estructurada de los factores clave que influyen en la adopción de esta transformación digital en el sector industrial.

Este tipo de proyectos facilita la identificación de las relaciones entre diferentes factores, por ejemplo, en proyectos enfocados a la industria 4.0, en los cuales convergen tecnologías digitales y físicas, donde se diseñan y operan procesos industriales.

La interconexión de sistemas cibernéticos, inteligencia artificial, internet de las cosas y el análisis de datos, abren un panorama de oportunidades sin precedentes a aumentar la eficiencia, productividad y competitividad de la región.

La implementación de la industria 4.0, requiere más que simplemente adoptar nuevas tecnologías, es comprender y abordar una serie de factores interrelacionados que van desde la infraestructura tecnológica, hasta la capacitación del recurso humano. Es por todo esto que, la colaboración entre empresas del sector privado, instituciones educativas y de gobierno, es de gran importancia para poder implementar industria 4.0.

En conclusión, la implementación de la industria 4.0 en Ciudad Juárez representa una oportunidad única para impulsar el crecimiento industrial, la innovación y el desarrollo sostenible sin embargo es necesario abordar de manera conjunta a la mayoría de los factores que influyen en este proceso, desde los tecnológicos, socioeconómicos y culturales.

A partir de este trabajo de investigación, se procederá al diseño y validación del instrumento de medición por medio de corridas piloto y análisis estadísticos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado gracias al apoyo del Tecnológico Nacional de México a través de la convocatoria 2024 “Proyectos de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación”

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Lizcano Fernández, F. (1995). Acerca de los contenidos y las partes de un proyecto de investigación. COATEPEC, 6-11.
<http://hdl.handle.net/20.500.11799/59242>
- [2] Schuh, G., Anderl, R., Gausemeier, J., ten Hompel, M. y Wahlster, W. (2017). Índice de madurez de la Industria 4.0. Gestionar la transformación digital de las empresas, 61. Disponible en: https://fundacioperlaindustria.org/wp-content/uploads/2021/07/2020.acatech_STUDIE_Maturity_Index.Update.pdf
- [3] Sánchez Daza, G., & Martínez de Ita, M.E. (2023). Cambios y retos en las relaciones laborales. México 2018-2022. Revista de Ciencias Sociales, 36 (52), 107-134. Disponible en:

http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S0797-55382023000100107&script=sci_arttext

- [4] Cordero D., Altamirano K.L., Parra J.O. y Espinoza W.S., "Intención de adoptar la Industria 4.0 por organizaciones en Colombia, Ecuador, México, Panamá y Perú", en IEEE Access, vol. 11, págs. 8362-8386, 2023.
<https://doi.org/10.1109/access.2023.3238384>
- [5] Moreno-Brid, J.C., Gómez Tovar, R., Sánchez Gómez, J., & Gómez Rodríguez, L. (2023). Las industrias automotrices y textiles en México: comercio y trabajo decente. El trimestre económico, 90 (357), 7-45.
<https://doi.org/10.20430/ete.v90i357.1689>
- [6] Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2015). Principios de diseño para escenarios de la Industria 4.0: una revisión de la literatura. Technische Universität Dortmund, Dortmund, 45.
<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.29269.22248>
- [7] Dinara Dikhanbayeva & Sabit Shaikholla & Zhanybek Suleiman & Ali Turkeyilmaz, 2020. " Evaluación de los modelos de madurez de la Industria 4.0 según principios de diseño", Sostenibilidad, MDPI, vol. 12(23), páginas 1-22, noviembre. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/23/9927/pdf>
- [8] Basl, J. (2017). Estudio piloto sobre la preparación de las empresas checas para implementar los principios de la Industria 4.0. Management and Production Engineering Review.
<http://dx.doi.org/10.1515/mper-2017-0012>
- [9] Cañas, H., Mula, J., Díaz-Madroño, M., & Campuzano-Bolarín, F. (2021). Implementación de los principios de la Industria 4.0. Computers & industrial engineering, 158, 107379.
<https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107379>
- [10] Broday, E. (2022). La evolución de la calidad: de la inspección a la calidad 4.0. International Journal of Quality and Service Sciences, 14(3):368–382
<http://dx.doi.org/10.1108/IJQSS-09-2021-0121>
- [11] Thekkoote, R. (2022). Habilitador para la implementación exitosa de Calidad 4.0 en la era de la transformación digital: una revisión integral y una agenda de investigación futura. International Journal of Quality & Reliability Management, 39(6): 1368–1384
<http://dx.doi.org/10.1108/IJQRM-07-2021-0206>
- [12] Antony J, Sony M, McDermott O, Jayaraman R, Flynn D (2023). Una exploración de los factores de preparación organizacional para la Calidad 4.0: un estudio intercontinental y futuras direcciones de investigación. International Journal of Quality & Reliability Management, 40(2): 582–606
<http://dx.doi.org/10.1108/IJQRM-10-2021-0357>
- [13] Malhorta, N. (2008). Investigación de mercados. Quinta Edición. Editorial Pearson. Educación. México ISBN: 978-970-2-1185-1.
- [14] Bernal, I. D. L. L., & Patten, A. S. (2010). La investigación familiar y el valor de la metodología cualitativa para el estudio del afrontamiento a la

enfermedad sicklemica. Revista Cubana de Salud Pública, 36, 36-53. Disponible en: Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662010000100006&lng=es

[15] Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación. 6a Edición, Editoril Mc GrawHill education, México, D.F.

TABLA DE ROL DE CONTRIBUCIÓN

Rol	Autor (es)
Redacción - Administración del proyecto	Manuel Arnoldo Rodríguez-Medina
Metodología	Xóchitl Graciela Aguilar-Rivas
Conceptualización	Luz Angélica Aguilar Chávez
Supervisión	Eduardo Rafael Poblano-Ojinaga
Validación	Jorge Adolfo Pinto-Santos



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.