

Modelo de ecuaciones estructurales hacia la evaluación de la industria 4.0 en las organizaciones automotrices

Marco Antonio Díaz Martínez *
Reina Verónica Román Salinas **
Santos Ruíz Hernández ***
Gabriela Cervantes Zubirías ****
Mario Alberto Morales Rodríguez *****

Resumen

Resumen

El objetivo es llevar a cabo un estudio sobre la industria 4.0. Se aplicó una prueba de K-Media donde se clasificó en cuatro grupos. Las variables de estudio fueron: procesos, responsabilidad social, personas, producto y administración de la industria. Se realizó un modelo de ecuación estructural (SEM) para una población de 16 distribuidores ubicados en los municipios de Tampico, Madero y Altamira del estado de Tamaulipas, México. El instrumento cuenta con un total de 30 preguntas y fue validado con la prueba alfa de Cronbach con SPSSv24. Los resultados instan a las organizaciones a optimizar sus sistemas de fabricación y reducir costos.

Palabras Clave: Desarrollo organizacional, Ecuación estructural, Industria 4.0, Optimización de procesos.

Clasificación JEL: L2; L6; C1; C3; C8; D21

Structural equation modeling towards the evaluation of Industry 4.0 in automotive organizations.

Abstract

The objective is to carry out a study on industry 4.0. A K-Means test was applied where it was classified into four groups. The study variables were processes, social responsibility, people, product and industry administration. A structural equation model (SEM) was carried out for a population of 16 distributors located in the municipalities of Tampico, Madero, and Altamira in the state of Tamaulipas, Mexico. The instrument has a total of 30 questions and was validated with Cronbach's alpha test with SPSSv24. The results urge organizations to optimize their manufacturing systems and reduce costs.

Keywords: Industry 4.0, Organizational development, Process optimization, Structural equation.

JEL Classification: L2; L6; C1; C3; C8; D21

* TecNM-ITS de Pánuco, México.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1054-7088>.

marco.dm@panuco.tecnm.mx

** TecNM-ITS de Pánuco, México.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9287-4298>.

reina.roman@itspanuco.edu.mx

*** TecNM-ITS de Pánuco, México.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4300-8526>.

santos.ruiz@itspanuco.edu.mx

**** Unidad Académica
Multidisciplinaria Reynosa-Aztlán
de la Universidad Autónoma de
Tamaulipas

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9912-5035>

gabriela.cervantes@docentes.uat.edu.mx

***** Unidad Académica
Multidisciplinaria Reynosa Aztlán
de la Universidad Autónoma de
Tamaulipas

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1342-297X>

mmorales@docentes.uat.edu.mx

I. Introducción

Hoy, en el siglo XXI, el mundo está viviendo la cuarta revolución industrial y la transformación digital de los negocios, es decir, la Industria 4.0 (Ghobakloo, 2019). El concepto de Industria 4.0 propone utilizar tecnologías como el Internet de las cosas (IoT) en la producción moderna. Asimismo, la Industria 4.0 contribuye a abordar varios desafíos contemporáneos, tales como mejorar la eficiencia energética y optimizar la producción manufacturera, posibilitando así la obtención de ganancias sostenidas en la eficiencia de los recursos a lo largo de toda la cadena de valor. (Kagerman, 2013).

La industria 4.0 puede brindar una gran oportunidad para combinar los objetivos del desarrollo sostenible con la transformación digital del desarrollo industrial, lo que también puede ser una amenaza si los objetivos de sostenibilidad no se incluyen en la implementación de la industria 4.0 (Beier, 2019).

La industria 4.0 se puede visualizar en diferentes conceptos como: identificación por radiofrecuencia (RFID), computación en la nube, big data, robótica, fabricación aditiva, sensores inteligentes e inteligencia artificial (Raj, 2019). Aunque la industria 4.0 representa una notable oportunidad tecnológica, únicamente el 14% de los líderes empresariales a nivel global expresan confianza en la preparación de sus compañías para la implementación de estas avanzadas tecnologías 4.0. (Iersel, 2016)

Actualmente, la sociedad necesita evaluar las características de las conexiones básicas y los servicios avanzados. Es importante desarrollar servicios de red avanzados para la industria 4.0 con el fin de maximizar la conectividad básica entre los procesos utilizados en las organizaciones (Kim, 2020).

Se requiere una infraestructura adecuada para aprovechar al máximo la industria 4.0, lo que crea desafíos adicionales para los países en desarrollo. Una de las industrias más grandes es la producción de electrodomésticos (Aheleroff, 2020).

Ford Motor Company se ha convertido en una de las organizaciones más grandes del mundo. Hoy, Ford México continúa con este cambio tecnológico conocido como “la cuarta revolución industrial” o “industria 4.0” utilizando la tecnología para cambiar la forma de fabricar los productos y el desempeño de las líneas de producción (Ford, 2020).

Por otra parte, la empresa Siemens mencionó que las claves para la realización de la industria 4.0 son: toma de decisiones más rápida, mejor interconexión de equipos, resultados para la interconectividad de las máquinas, que las personas sean el eje central de operación y la seguridad de la red para evitar amenazas y realizar inspecciones para detectar y medir las características de un dispositivo físico en tiempo real (Siemens, 2020).

La empresa Festo dedicada a la automatización e implementación de sistemas neumáticos y electrónicos, destaca la vital importancia de aspectos clave en diversas áreas, como la estandarización de productos, tecnología, formación y desarrollo profesional (Festo, 2020).

El propósito de esta investigación es determinar la percepción de los gerentes de las concesionarias automotrices sobre la industria 4.0 como un elemento estratégico en la cadena de valor del sector automotriz.

A nivel global la industria automotriz en México ha tenido que cambiar sus modelos de producción, comercialización, y enfoque debido principalmente a las necesidades de la industria y las exigencias del cambio climático. Es una de las más fuertes del mundo y contribuye significativamente al producto interno bruto (PIB) al facilitar la entrada de inversión extranjera directa (IED) y crea oportunidades de empleo directas e indirectas y cómo impacta en su economía (García-Remigio et al., 2020).

La metodología aplicada se realiza transversal cuantitativo y utiliza estadística inferencial para identificar la relación entre variables. Se diseñó un instrumento para medir la percepción sobre la industria 4.0. Los resultados instan a las organizaciones a optimizar sus sistemas de fabricación y reducir costos.

Este estudio se divide principalmente en cinco partes la primera es la revisión de literatura. La sección dos describe el método y en tercer lugar se detallan los resultados de la investigación en el cuarto lugar la discusión y conclusiones y finalmente las referencias.

II. *Revisión de la literatura*

La industria 4.0 cambiará la forma en que se ven afectada las cosas. Se integrarán, automatizarán y optimizarán los dispositivos y celdas para mejorar la eficiencia y las relaciones de intercambio entre proveedores y clientes, además de poder ajustar la relación entre humanos y máquinas (Rüßmann, 2015). Así como la posibilidad de ofrecer enormes oportunidades para cambiar el futuro, la industria 4.0 también pretende mejorar la eficiencia operativa y nuevas definiciones de modelos de negocios, servicios y productos (Hermann, 2016).

Mediante la aplicación de las más recientes tecnologías avanzadas como el internet de las cosas, la fabricación inteligente dentro del marco automotriz y la manufactura están consolidándose como un estándar en la producción (Lee, 2017). Los sistemas ciber físicos conectados a la red global, también denominados Internet de las cosas (IoT), constituyen una red de información en la cual objetos físicos interactúan y colaboran para alcanzar metas compartidas. (Atzori, 2010).

En la era de la industria 4.0, se anticipan transformaciones significativas en los procesos de ensamblaje de partes automotrices. La interconexión de diversas secciones de la línea de ensamblaje y la disponibilidad fácil de información en tiempo real son aspectos destacados de estos cambios (Huo, 2020). La industria 4.0 conecta la producción con las tecnologías de la información y la comunicación, combina datos de productos y procesos con información de la máquina, además, permite la comunicación tecnológica. Las transformaciones en la industria 4.0 tienen el potencial de mejorar las ganancias de las organizaciones en un 15 a 20% (Behrendt et al., 2017). De acuerdo con Choi et al. (2018), la economía colaborativa puede considerarse uno de los temas más relevantes en las operaciones de gestión (Acquier et al., 2017).

La realización de sistemas ciber físicos puede encontrar organizaciones o sistemas de fabricación como un modelo de tres pasos para ayudar a las organizaciones a desarrollar su propia visión de la industria 4.0 en busca de nuevas estrategias comerciales (Lass, 2020). La industria 4.0 funciona de manera inteligente con dispositivos artificiales e inteligentes / IoT, que pueden minimizar la participación

humana. Sin embargo, diversas organizaciones deben tener otros dispositivos y configuraciones de desarrollo inteligente que requieren tiempo y costos de inversión antes de implementar cualquier producción inteligente (Rajput, 2019). Algunos requisitos para desarrollar la industria 4.0 dentro de una organización son: la implementación del intercambio de datos, y el monitoreo de sistemas, recursos, seguridad y privacidad para mejorar toda la cadena de suministro (Miorandi, 2012).

Rajput (2019) realizó un estudio para comprender la relación entre la economía circular (CE) y la industria 4.0 centrándose en la cadena de suministro. La industria 4.0 tiene varias ventajas, ya que todas las organizaciones pueden hacer que sus operaciones de producción sean más sostenibles y puedan centrarse en el seguimiento, monitoreo y control: las herramientas más comunes en la industria 4.0. (Hernández, 2019). Es posible decir que la industria 4.0 combina tecnología de Internet de las cosas (IoT) y métodos avanzados de control de procesos basados en modelos matemáticos, control predictivo o redes neuronales. Como resultado, se puede crear un sistema de gestión más eficiente, de calidad y con menos recursos (Foxconn, 2019).

La industria 4.0 representa la evolución de la fabricación inteligente, caracterizada por sistemas de producción conectados y adaptables. Esta interconexión se logra a través de la integración de dispositivos mediante sistemas ciberfísicos (CPS) y el Internet de las cosas (Benešová, 2019).

Se podría mencionar la industria es un actividad vital porque por medio de ella puede crecer el mercado laboral y los empleados pueden colaborar y la debilidad de la industria puede incluso conducir a diversos cambios y mejorar los procesos es uno de sus objetivos, y las empresas están invirtiendo fuertemente en las tecnologías.

III. Metodología

Para cumplir con el objetivo, se realiza transversal cuantitativo y utiliza estadística inferencial para identificar la relación entre variables. La población está compuesta por 16 distribuidores de marcas automotrices registradas, se consideraron los criterios de selección como el giro automotriz y los gerentes que fueran

especialistas en el área de procesos, ubicados en tres ciudades adyacentes al sur del estado de Tamaulipas, México. Se diseñó un instrumento para medir la percepción sobre la industria 4.0.

El progreso tecnológico, se puede destacar que profundiza la desigualdad entre países, empresas y personas por lo que la redistribución de los recursos humanos y financieros es esencial no sólo para garantizar el progreso sino también, puede ayudar a crear un entorno que fomente la vitalidad empresarial y las oportunidades reales, los procesos, la responsabilidad social y el medio ambiente, así como la integración de dichas variables. En este modelo coexisten multinacionales altamente competitivas y productivas con las empresas de baja productividad (Sampietro, 2020).

La encuesta está constituida por cinco variables: procesos, responsabilidad social, personas, producto y administración de la tecnología de la industria 4.0, con cinco preguntas para cada variable, totalizando 30 preguntas, que permiten el desarrollo de un instrumento. También se hizo una pregunta de control, en la cual los gerentes pueden evaluar, desde su perspectiva, el nivel de adopción en su organización en relación con la industria 4.0.

El instrumento diseñado es un enfoque para que el sector empresarial mida la percepción sobre la industria 4.0. Para validar el instrumento, se aplicó el análisis Alpha de Cronbach con 0.75, y se utilizó una escala tipo Likert con siete opciones de respuesta. Las organizaciones evaluadas que se encuentran en el área son: Chevrolet, Fiat, Chrysler, Ford, Honda, Hyundai, KIA, Mazda, Mitsubishi, Nissan, Peugeot, Renault, Suzuki, Toyota y Volkswagen (ve anexo 1) donde se muestra el instrumento de evaluación industria 4.0 estructurado para evaluar las dimensiones desde diversas opiniones las respuestas a considerar se establecieron como: Total mente en desacuerdo con valores de 1 al 7 en donde el 1 es totalmente en desacuerdo y 7 totalmente de acuerdo.

Los participantes fueron los gerentes de distribuidores que proporcionaron información y respondieron a la encuesta. Para analizar la percepción de la industria 4.0 se utilizó el método de agrupación K-mean de cuatro grupos para determinar la

similitud entre la organización y las variables (Procesos, Responsabilidad Social, Personas, Producto y Administración de la tecnología de la industria 4.0).

La técnica del modelo de ecuaciones estructurales (SEM) se aplicó utilizando el software estadístico SPSS AMOS para la realización del modelo de ecuaciones estructurales (PLS) para examinar simultáneamente una serie de relaciones de dependencia y valores estadísticos, tales como:

- 1) Calidad y ajuste: Determina el grado en que el modelo predice la matriz de la correlación para muestras pequeñas que obtienen el parámetro de No centralidad (PCN) y con valores inferiores a 2 es aceptable (Kline, 2005).
- 2) El índice de calidad de ajuste (GFI), que puede evaluar si el modelo debe ajustarse. El más cercano a cero indica un ajuste inadecuado (Torres, 2015).
- 3) El error cuadrático medio (RMSEA) representa un ajuste anticipado con el valor de la población total y ya no con la muestra. Vale la pena mencionar que, si el RMSEA es menor o igual a 0.05, esto indica que hay un error en la aproximación del modelo de estudio con la realidad (Lévi, 2003).
- 4) El índice de error raíz promedio (RMR) puede medir la varianza y la covarianza de la muestra y si hay diferencias con las estimaciones obtenidas (Arbuckle, 2003).
- 5) El índice de validación cruzada esperado (LVCD) mide la correlación entre las variables del modelo, cuanto más cercana a 1 la correlación será mayor.
- 6) La norma de ajuste normativo de la parsimonia (PNFI) relaciona todos los constructos con la teoría que los sustenta y cuanto más se acerca a 1.0, mayor es la relación entre ellos (Torres, 2015).
- 7) El criterio de información: El valor de Akaike (AIC) es el valor comparativo entre modelos con diferentes números de construcciones;

valores cercanos a 0 indican un mejor ajuste y una mayor parsimonia (Akaike, 1987).

Para identificar la percepción de los entrevistados se realizó una prueba emparejada entre la variable de control y los diversos medios informados en la investigación. También se realizaron pruebas de inflación de varianza y multicolinealidad para establecer la correlación entre las variables.

IV. Resultados

A partir de las encuestas, los resultados observados fueron los siguientes: la edad promedio de los gerentes de las organizaciones es de 33 años, la persona más joven tiene 28 años y la persona de mayor edad tiene aproximadamente 45 años. El 37.5% de las personas son hombres y el 62.5% son mujeres, por lo tanto, los resultados indican que no influye el género para alcanzar o mejorar la productividad como lo indica el cuestionamiento de la variable mencionada de personas en la pregunta número 11 del Anexo 1.

La prueba de conglomerados de k-medias se utiliza para identificar grupos de distribuidores basados en las variables que utilizan un instrumento. Para el análisis se identificaron cuatro clasificaciones, de acuerdo con la similitud estadística presentada por las organizaciones como se muestra en la tabla 1. Esto destaca que la administración de la tecnología industrial influye en los grupos de las empresas y al adquirir nueva tecnología mejora la producción y la competitividad.

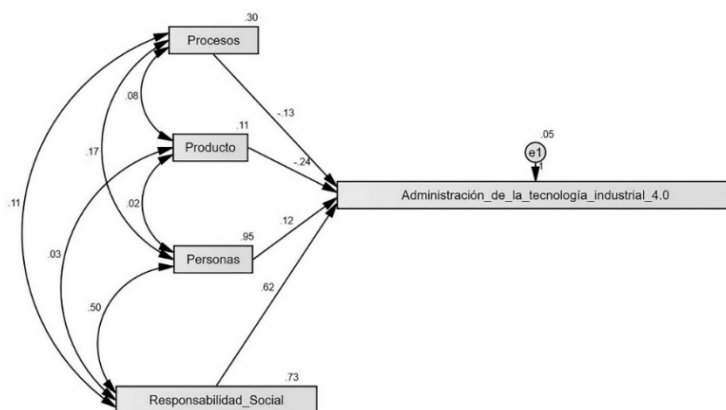
Tabla 1. Grupos determinados de acuerdo con su distancia multidimensional utilizando la prueba de K-Medias.

Organizaciones automotrices	
Grupo 1	Hyundai Tampico, Suzuki Avenida Hidalgo, Chevrolet Tampico, Fiat Chrysler, Nissan Madero e Toyota Tampico.
Grupo 2	Mazda Tampico e Nissan Tampico
Grupo 3	Volkswagen Tampico, General Motors Tampico, Mitsubishi Tampico, Renault Tampico, Kia Avenida Hidalgo, Nissan Altamira,
Grupo 4	Ford Automotriz Tampico e Seat Tampico

Fuente: Elaboración propia

La Figura 1 muestra el análisis factorial confirmatorio (AFC), que permite mostrar las deficiencias del modelo, equiparando las hipótesis específicas. El AFC está representado por un diagrama de flujo, de acuerdo con características particulares. Los rectángulos iniciales son las variables de estudio y el rectángulo final de terminación es el factor común, es decir, cómo se relacionan las variables de: procesos, producto, personas y responsabilidad social con respecto a la variable de administración de la tecnología industrial 4.0. Las flechas indican las saturaciones que existen entre factores comunes. Este tipo de modelos facilitan la evaluación de la validez y confiabilidad de cada una de las variables. Esto ayuda a que el investigador optimice tanto construcción del instrumento de medición como el análisis de resultados (Batista, 2004).

Figura 1. Análisis factorial confirmatorio.



Fuente: Elaboración propia

La Tabla 2 muestra los resultados de las medidas de ajuste de calidad, señalando. Los resultados indican que no es necesario ajustar el modelo de estudio. El índice de validación cruzada esperado tiene un valor de 2, lo que significa que existe una correlación entre las variables, pero no es perfecta.

Para la validación convergente, se calculó la variación promedio extraída (AVE) para cada variable; se obtuvieron valores superiores a 0.52, es decir, por encima del valor mínimo recomendado que es de 0.5 (Hair, 2016). Como parte del procedimiento, se estima el factor de inflación de variación (VIF), lo que indica que no hay multicolinealidad entre pares de construcciones o factores independientes, obteniendo un valor máximo de 8.37 (Chen, 2012). Es importante señalar que valores de VIF superiores a 5 sugieren una posible correlación significativa entre una variable predictora y las demás variables predictoras en el modelo. La herramienta de varianza de inflación (VIF) proporciona información sobre las correlaciones entre las variables predictoras (ver tabla 3). La variable de administración de la tecnología industrial 4.0 presenta una alta correlación de 8.37 con las variables. Aunque estas correlaciones pueden no manifestar un impacto significativo cuando se consideran simultáneamente, revelan su auténtica importancia al evaluarse de manera individual (Long, 2018).

Tabla 2. Medidas de bondad y ajuste.

Medida de bondad y ajuste	Niveles de ajuste aceptables	Aceptabilidad lograda	Valores
Medidas de ajuste absoluto			
Parámetros de no centralidad (NCP)	Tomado de χ^2	.00	Aceptable
Índice de calidad de ajuste (GFI)	0 mal ajuste; 1.0 ajuste perfecto	1	Aceptable
Error cuadrado medio de aproximación (RMSEA)	<0.05	.47	No aceptable
Índice de error cuadrático medio (RMR)	Cerca de 0	.00	Aceptable
Índice de validación cruzada esperado (ECVI)	Cuanto más próximo de 1 su correlación aumenta	2	Aceptable
Medidas de ajuste de parsimonia			
Índice de ajuste normativo de la parsimonia (PNFI)	A >valor <ajuste	1	Ajuste perfecto
Criterio de información de Akaike (AIC)	Valor pequeño indica parsimonia	30	Bajo

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en el factor seguido de la responsabilidad social tiene una significancia menor de 0.02. que tiene una correlación de 7.52.

Tabla 3. AVE por constructo.

Factor	AVE	VIF	Significancia
Procesos	.30	1.48	.021
Producto	.28	1.37	.304
Personas	.44	1.95	.000
Responsabilidad Social	.52	7.52	.002
Administración da tecnología industrial 4.0	.25	8.37	.021

Fuente: Elaboración propia

Para medir la percepción de los entrevistados acerca del resultado de las variables fue necesario realizar una prueba T para la muestra entre la variable de control y el promedio de las variables informadas en la encuesta. Los resultados muestran que la respuesta a la variable de control no coincide con las respuestas de las variables estudiadas. Esto significa que la percepción de los entrevistados no corresponde con la realidad de la organización (ver tabla 4). Que la administración de la tecnología de la industria 4.0 influye con la optimización de los procesos y personas.

Tabla 4. Prueba t de muestra pareada entre la variable de control y el promedio de las variables informadas en la encuesta

Variabes analizadas	Significancia
Control	.042
Variabes Medias	

Fuente: Elaboración Propia

VI. *Discusión y conclusión*

El objetivo de esta investigación fue llevar a cabo un estudio sobre la industria 4.0, utilizando un instrumento en el que los gerentes de los diferentes concesionarios puedan conocer las similitudes entre ellos; al igual, se buscó que los resultados puedan generar nuevas estrategias comerciales. Se aplicó una prueba de K-Media, donde se clasificó en cuatro grupos. Las variables de estudio fueron: Procesos, Responsabilidad Social, Personas, Producto y Administración de la industria tecnológica 4.0.

El instrumento de investigación puede ser utilizado por cualquier organización que pretenda saber cómo está funcionando actualmente. El instrumento fue diseñado para un total de 30 preguntas y cinco variables, de las cuales, cuatro de ellas están agrupadas por cinco preguntas y solamente la variable de “administración de la tecnología industrial 4.0” tiene una clasificación de por diez preguntas. La prueba alfa de Crobach dio 0.75, lo que significa que es un instrumento que se puede aplicar sin problemas.

Se aplicó la prueba de variación de la inflación (VIF), lo que indica que no hay multicolinealidad entre pares de construcciones o factores independientes, obteniendo un valor máximo de 8.37. También se realizó el cálculo de la varianza promedio extraída (AVE) donde se aceptó el resultado de la consistencia del constructo.

La industria 4.0 representa una transformación significativa en la forma en que se lleva a cabo la producción y la gestión empresarial, con el potencial de mejorar la eficiencia, la calidad y la competitividad de las empresas. Sin embargo, su implementación exitosa requiere una planificación cuidadosa y la superación de diversos desafíos.

Finalmente, es necesario recordar que, para este tipo de estudio, se deben considerar las limitaciones de aceptabilidad de las organizaciones y que existe una cierta falta de conocimiento sobre los elementos que componen la industria 4.0, siendo imperante aplicar el instrumento a las personas que tienen más años de

experiencia profesional y que están totalmente relacionadas con todos los procesos internos de la organización.

Los resultados de esta investigación en el ámbito de la industria 4.0 tienen un impacto sustancial, ya que instan a las organizaciones a optimizar sus sistemas de fabricación, reducir los plazos de desarrollo de nuevos productos y disminuir los costos de producción. Esto se lograría a través de procesos de producción completamente integrados y automatizados, respaldados por maquinaria con capacidades de autogestión y mantenimiento. Además, la implementación de la industria 4.0 podría desencadenar transformaciones en la fuerza laboral, exigiendo nuevas habilidades, capacidades y roles, dado que este concepto implica un cambio significativo en la mentalidad y una profunda transformación en las estructuras empresariales. Es esencial evitar el rezago, ya que la Cuarta Revolución Industrial emerge como una fuente de competitividad para las industrias occidentales, abarcando aspectos como costos laborales, eficiencia energética y compromiso social. REE

V. Referencias

Acquier, A., Daudigeos, T. and Pinkse, J. (2017): “Promises and paradoxes of the sharing economy: an organizing framework”, *Technol. Forecast. Soc. Change*, 125: 1-10.

Aheleroff, S., Xu, X., Lu, Y., Aristizabal, M., Velasquez, J., Joa, B. and Valencia, Y. (2020): “IoT-enabled smart appliances under industry 4.0: A case study”, *Advanced Engineering Informatics*, 43: 1-14.

Akaike H. (1987): “Factor analysis and AIC”, *Psychometrika*, 52: 317-332.

Arbuckle J. (2003): *Amos user’s guide*. Chicago: SmallWaters, USA: IBM.

Atzori, L., Iera, A. and Morabito, G. (2010): “The internet of things: a survey”, *Comput. Netw.*, 54: 2787-2805.

Behrendt, A., Müller, N., Odenwälder, P. and Schmitz, C. (2017): “Industry 4.0 demystified—lean’s next level”, *McKinsey&Company*.

Beier, G., Ullrich, A., Niehoff, S., Reißig, M and Habich, M. (2019): “Industry 4.0: How it is defined from a sociotechnical perspective and how much

sustainability it includes - A literature review”, *Journal of Cleaner Production*, 259: 1-38.

Benešová, A., Hirman, M., Steiner, F. and Tupa, J. (2019): “Determination of Changes in Process Management within Industry 4.0”, *Procedia Manufacturing*, 38: 1691-1696.

Chen. J. (2012): “Advances in Hospitality and Leisure”, *Bingle: Emerald Group Publishing*, 8.

Choi, T., Hua, G., Shen, Z., Wang, S. (2018): “Special issue on operations management in the sharing economy”, *Int. J. Prod. Econ.*, 1-2.

Festo (2020): “Automatización en la industria 4.0”, *Festo Website*.

Ford (2020): “Ford 4.0: La nueva revolución industrial”, *Ford Website*.

Foxconn 4Tech (s.f.): “IoT pokročilé řízení procesů”.

Ghobakhloo, M. (2019): “Industry 4.0, Digitization, and Opportunities for Sustainability”, *Journal of Cleaner Production*, 25: 1-40.

Hair, J., Hult, G. and Ringle, C. (2016): *Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM)*, 2 ed., Nueva York: SAGE Publications.

Hermann, M., Pentek, T. and Otto, B. (2016): “Design principles for industrie 4.0 scenarios”, *2016 49th Hawaii international conference on system sciences (HICSS)*, 3928-3937.

Hernández, I., Solano, E., Muñoz, A., Santos, J. and Henríquez, R. (2019): “Control and monitoring for sustainable manufacturing in the Industry 4.0: A literature review”, *IFAC (International Federation of Automatic Control)*, 52: 195-200.

Huo, J., Chan, F., Lee, C., Strandhagen, J. and Niu, Ben. (2020): “Smart control of the assembly process with a fuzzy control system in the context of Industry 4.0”, *Advanced Engineering Informatics*, 43: 1-13.

Kagermann, H. (2013): “Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0”, *Federal Ministry of Education and Research*, 1-84.

Kim, D. (2020): “A 2020 perspective on ‘A dynamic model for the evolution of the next generation internet - implications for network policies’: Towards a

balanced perspective on the internet's role in the 5G and industry 4.0 era", *Electronic Commerce Research and Applications*, 45.

Kline, R. (2005): *Principles and practice of structural equation modeling*, New York: Gilford Press.

Lass, S. and Gronau, N. (2020): A factory operating system for extending existing factories to Industry 4.0, *Computers in Industry*, 115: 1-8.

Lee, C., Zhang, S. and Ng, K. (2017): "Development of an industrial Internet of things suite for smart factory towards re-industrialization", *Adv. Manuf.*, 5: 335-343.

Lévy J. (2003): *Modelización y análisis con ecuaciones estructurales*, Madrid: Prentice Hall..

Long, J., Neogi, S., Caldwell, C. and Delange, M. (2018): "Variation inflation factor-based regression modeling of anthropometric measures and temporal-spatial performance: Modeling approach and implications for clinical utility", *Clinical Biomechanics*, 51: 51-57.

García-Remigio, C. M., Cardenete, M. A., Campoy-Muñoz, P., & Venegas-Martínez, F. (2020). Valoración del impacto de la industria automotriz en la economía mexicana: Una aproximación mediante matrices de contabilidad social. El Trimestre Económico, 87(346), Article 346. <https://doi.org/10.20430/ete.v87i346.852>

Iersel, T. V. (2016, agosto 27). McKinsey - Digital in industry: From buzzword to value creation. FinTk2. <https://fintk2.com/mckinsey-digital-industry-buzzword-value-creation/>

Sampietro Saquicela, J. L. (2020). Transformación Digital de la Industria 4.0. Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional, 5(8 (AGOSTO 2020)), 1344-1356.

Miorandi, D., Sicari, S., Pellegrini, F. and Chlamtac, I. (2012): "Internet of things: Vision, applications and research challenges", *Ad Hoc Networks*, 10: 1497-1516.

Rajput, S. and Prakash, S. (2019): Connecting circular economy and industry 4.0, *International Journal of Information Management*, 49: 98-113.

Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., and Harnisch, M. (2015): “Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries”, *Boston Consulting Group*, 9: 54-89.

Siemens. (2020). *Industria 4.0*, Siemens Website.

Torres, G. (2011): “Una aproximación al análisis de competitividad aplicando la técnica del modelo de ecuaciones estructurales”, *TESCoatl*, 13.

Anexo 1. Instrumento de evaluación Industria 4.0

Categoría	Numero	Pregunta	Totalmente en desacuerdo	2	3	3	5	6	Totalmente de acuerdo 7
Procesos	1	¿En qué nivel ubica sus conocimientos de los diferentes procesos productivos o de servicios de su empresa?							
	2	¿En qué nivel realiza la supervisión de los procesos productivos o de servicios que ofrece su empresa?							
	3	¿En qué nivel considera que son adecuados los procesos productivos o de servicios que ofrece su empresa?							
	4	¿En qué nivel de innovación se encuentran los procesos productivos o de servicios que ofrece su empresa?							
	5	¿Está usted de acuerdo que los procesos productivos o de servicios que ofrece su empresa se pueden mejorar?							
Producto	6	¿En qué nivel considera que la mejora continua incrementa el periodo de vida de un producto o servicio?							
	7	¿Considera usted que la implementación de la tecnología en su empresa permite mejorar los estándares de competitividad de sus productos o servicios ofertados?							
	8	¿Considera usted que su organización tiene un producto ganador?							
	9	¿Considera usted que las tecnologías de fabricación (robótica, softwares, realidad virtual, impresión 3D) han traído mejoras en los productos y servicios?							
	10	¿Considera que la nube (Google Drive, Dropbox) ha traído beneficios a la digitalización de los productos, para diseñar, almacenar e incluso fabricar?							
Personas	11	¿Está usted de acuerdo que la productividad del personal en las distintas áreas de su empresa es la adecuada?							

	25	¿Está Usted de acuerdo que la organización este obligada a transformarse estratégicamente para crear nuevos productos, servicios y modelos de negocio orientados a un nuevo tipo de cliente?							
Responsabilidad Social	26	¿Está Usted de acuerdo que los procesos utilizados en su empresa están armonizados para no afectar el medio ambiente?							
	27	¿En qué nivel su personal realiza actividades vinculadas con la cultura ambiental dentro y fuera de la empresa?							
	28	¿En su empresa se destinan recursos orientados a sensibilizar la importancia del medio ambiente en sus trabajadores?							
	29	¿En qué nivel considera que su empresa respeta las normatividades en materia de seguridad industrial y medio ambiente?							
	30	¿Los residuos o desechos derivados de la producción de bienes o servicios están controlados y son resguardados?							

Fuente: Elaboración propia.