

**FACTORES RELACIONADOS CON LA MADUREZ Y TRANSFORMACIÓN
DIGITAL EN LAS PYMES MANUFACTURERAS DE NUEVO LEÓN
FACTORS RELATED TO DIGITAL MATURITY AND TRANSFORMATION IN
MANUFACTURING SMES IN NUEVO LEÓN**

Elva Patricia Puente Aguilar^a

Universidad Autónoma de Nuevo León, México

(elva.puenteagl@uanl.edu.mx) (<https://orcid.org/0000-0001-7129-3654>)

Antonio Lucas Marmol

Universidad Internacional Iberoamericana, España

(antonio.lucas@unini.edu.mx) (<https://orcid.org/0009-0009-7810-9018>)

Carolina Solís Peña

Universidad Autónoma de Nuevo León, México

(carolina.solispa@uanl.edu.mx) (<https://orcid.org/0000-0002-0918-1034>)

Información del manuscrito:

Recibido/Received: 13/07/2023

Revisado/Reviewed: 09/08/2023

Aceptado/Accepted: 28/08/2023

RESUMEN

Palabras clave:

madurez digital, pymes
manufactureras, transformación
digital.

El objetivo de esta investigación es determinar los factores relacionados con la madurez digital de las Pymes manufactureras del estado de Nuevo León, a fin de contribuir en el conocimiento sobre su transformación digital. Mediante la revisión de literatura se definieron cinco variables independientes, capacidad de absorción del conocimiento, nivel de infraestructura tecnológica, cultura organizacional, capacidad de innovación y entorno de la empresa; como variable dependiente, se definió el grado de madurez digital. El diseño de la investigación fue cuantitativo, transversal, con alcance exploratorio y descriptivo correlacional. Se diseñó una encuesta para recopilación de datos que fue validada por un panel de expertos en el área. Para comprobar su fiabilidad, se realizó una prueba piloto y se midió el Alpha de Cronbach. Posteriormente se aplicó a empleados y directivos de 69 empresas Pymes manufactureras del estado. A partir de los datos se generó un modelo de regresión lineal múltiple en el software SPSS, el cual se sometió a diversas pruebas estadísticas para evaluar las variables y su significancia. El modelo resultó aprobado. Los resultados indicaron que tres de las variables, capacidad de absorción del conocimiento, nivel de infraestructura tecnológica y entorno de la empresa resultaron significativas con un p -value < 0.05 . Adicionalmente se recomendaron análisis específicos para las dos variables que no fueron aceptadas. A partir del análisis estadístico se obtuvo una ecuación para medir el grado de madurez digital en

^a Autor de correspondencia.

Pymes manufactureras de Nuevo León que contribuye al avance en la transformación digital de las empresas manufactureras del estado.

ABSTRACT

Keywords:

digital maturity, manufacturing SMEs, digital transformation.

The objective of this research is to determine the factors related to the digital maturity of manufacturing SMEs in the state of Nuevo León, in order to contribute to the knowledge about their digital transformation. Through the literature review, five independent variables were defined: knowledge absorption capacity, level of technological infrastructure, organizational culture, innovation capacity and company environment; as a dependent variable, the degree of digital maturity was defined. The research design was quantitative, cross-sectional, with an exploratory and descriptive correlational scope. A survey was designed for data collection and validated by a panel of experts in the field. To check its reliability, a pilot test was conducted, and Cronbach's Alpha was measured. It was then applied to employees and managers of 69 manufacturing SMEs in the state. From the data, a multiple linear regression model was generated in SPSS software, which was subjected to various statistical tests to evaluate the variables and their significance. The model was approved. The results indicated that three of the variables, knowledge absorption capacity, level of technological infrastructure and company environment were significant with a p-value < 0.05. Additionally, specific analyses were recommended for the two variables that were not accepted. From the statistical analysis, an equation was obtained to measure the degree of digital maturity in manufacturing SMEs in Nuevo León that contributes to the progress in the digital transformation of manufacturing companies in the state.

Introducción

La Industria 4.0 se refiere a la incorporación de las nuevas tecnologías digitales en la cadena de valor de las organizaciones con una red de infraestructura, servicios, energías, fábricas y ciudades inteligentes para generar soluciones innovadoras en beneficio de la humanidad (Basco et al. 2018; Joyanes, 2020). Este concepto apareció en el año 2013 en Alemania en el marco de la llamada Cuarta Revolución Industrial.

En el contexto organizacional, la transformación digital se define como un proceso evolutivo que aprovecha las capacidades y tecnologías digitales para permitir que los modelos de negocio, los procesos operativos y las experiencias del cliente creen valor en una organización (González Varona, 2021). La pandemia por Covid-19 en el año 2020 provocó una digitalización forzosa haciendo necesario usar nuevas tecnologías a favor de la supervivencia de las empresas.

Kane (2017) ha utilizado el grado de madurez digital para medir la transformación digital en las empresas. Este autor define la madurez digital como la etapa evolutiva en un proceso continuo de adaptación consistente para responder a la transformación digital, así como los logros alcanzados por la organización en sus esfuerzos de transformación.

Actualmente, en México no existe una estrategia nacional que impulse los cambios necesarios respecto al avance tecnológico en las organizaciones (Riquelme, 2019). La CEPAL (Dini et al., 2021) confirma que el nivel de penetración de las tecnologías digitales en América Latina y el Caribe ha sido profundamente desigual en su velocidad de adopción según el sector.

Un aspecto particular en México es que el sector económico de las Pymes (pequeñas y medianas empresas con menos de 250 trabajadores) dedicadas a la manufactura, contribuyen con casi 45% del PIB y generan 68% de los empleos a nivel nacional (INEGI, 2019). En Nuevo León las Pymes aportan un 37.3% del total de ingresos económicos al estado.

Dado lo anterior, la transformación digital en las Pymes es un aspecto clave para impulsar a este sector empresarial tan importante en México y Nuevo León. Sin embargo, estudios previos referentes a la adopción de la Industria 4.0, indican que las Pymes presentan mayores barreras para implementar nuevas tecnologías debido a su estructura, disponibilidad de recursos, aspectos financieros, culturales, técnicos y legales (Ghobakhloo y Ching, 2019; Horváth y Szabó, 2019).

En México existen estudios exploratorios relacionados con la integración de tecnología en las empresas (Ynzunza, 2017; Perez y López, 2019) y mapas de ruta (Gallegos, 2020). Específicamente para Nuevo León, se encontró escasa literatura referente a los factores que inciden en la madurez digital y las tecnologías de las organizaciones Pymes en el estado de Nuevo León (Martínez, 2020).

De acuerdo con estudios precedentes, Nuevo León es uno de los estados en México que muestra mayor avance en el proceso de integración de la tecnología y transformación digital, a través de iniciativas importantes como la denominada Nuevo León 4.0, sin embargo en el año 2021 alrededor de 75% de las empresas en el estado aún no comenzaban con la transición hacia la Industria 4.0, y solo 5% de las Pymes participaba en cadenas globales de valor (Eunice, 2021).

Entre las nuevas tecnologías relacionadas con el avance en la transformación digital están: sistemas de integración, robots, Internet de las cosas (IoT), manufactura aditiva, análisis de grandes datos, la nube, simulación en entornos virtuales, inteligencia artificial, ciberseguridad, realidad aumentada, blockchain, vehículos autónomos, sistemas ciberfísicos, ente otras aplicaciones tecnológicas emergentes. Estas nuevas tecnologías se

combinan con nuevos modelos de negocio y cambios organizacionales a medida que las organizaciones se adaptan a la transformación digital (Basco et al., 2018).

Existen importantes investigaciones respecto al avance en la transformación digital y adopción de Industria 4.0 en otras regiones del mundo (Mittal, 2018; Ghobakhloo y Ching, 2019; Horváth y Szabo, 2019).

Souza et al. (2017) y Palos Sánchez et al. (2019) realizaron una revisión de los modelos de adopción de tecnologías más utilizados, y sus combinaciones, teniendo como más citados: 1) Modelo de Aceptación de la Tecnología (TAM) de Davis (1989); 2) Marco de Tecnología, Organización y Entorno (TOE) de Tornatzky y Fleischer (1990); 3) Teoría de la Difusión de las Innovaciones (DOI) de Rogers (1995).

De acuerdo con Oliveira y Martins (2011), DOI y TOE son los únicos que están enfocados a las organizaciones. En esta investigación se utilizó el marco de referencia TOE (Tornatzky y Fleischer, 1990); este contiene una sólida base teórica y soporte empírico consistente que identifica tres aspectos del contexto de una empresa que influyen en el proceso de adopción e implementación de la innovación tecnológica, los cuales son el contexto tecnológico, el contexto organizacional y el contexto ambiental (Oliveira y Martins, 2011).

Baker (2011) menciona que el contexto tecnológico describe las tecnologías tanto internas como externas que son relevantes para la organización, incluyendo las prácticas y equipamiento interno, así como las tecnologías que se usan fuera de la organización. Posteriormente Dini et al. (2021) analizó diferentes niveles de tecnologías encontradas en las operaciones de empresas de distintos países de Latinoamérica.

El contexto organizacional se refiere a las mediciones descriptivas como el enfoque, el tamaño de la empresa, características individuales, internas y externas en la organización su estructura (Tornatzky y Fleischer, 1990). Diversos estudios empíricos demuestran relación entre los factores organizacionales (conocimiento, género directivo, tamaño, capital y antigüedad de la empresa, entre otros) y el uso de la tecnología (Zhu et al., 2003; Cuevas-Vargas, 2018)

El entorno se refiere al ambiente externo en el que la organización conduce su negocio, por ejemplo, el giro de la industria, los competidores, las políticas gubernamentales (Tornatzky y Fleischer, 1990). Posteriormente Baker (2011) incluye las características del mercado o proveedores, el ambiente regulatorio, la competencia intensa que estimula la adopción de la innovación y la influencia de las firmas dominantes en la cadena de valor para que inicien la adopción de innovaciones. Autores como Rivas y Stumpo (2011) y Consoli (2012) analizaron los elementos relevantes del entorno que afectan a la apropiación de tecnologías digitales en las organizaciones.

Anteriormente Cohen y Levinthal (1990) introdujeron el concepto de capacidad de absorción como la habilidad que poseen las empresas para adquirir, asimilar y aplicar el conocimiento externo con fines comerciales.

Zahra y George (2002) reconocieron la capacidad de absorción de conocimiento como un conjunto de procesos organizacionales a través de las cuales las empresas adquieren, asimilan, transforman y explotan el conocimiento para competir en los mercados cambiantes y capitalizar las oportunidades. Flatten et al. (2011) desarrolló una herramienta validada para evaluar las dimensiones adquisición, asimilación, transformación y explotación.

Pérez Hernández et al. (2019) provee evidencia empírica en México acerca de la relación de la capacidad de absorción y su influencia en la generación y explotación de conocimiento tecnológico.

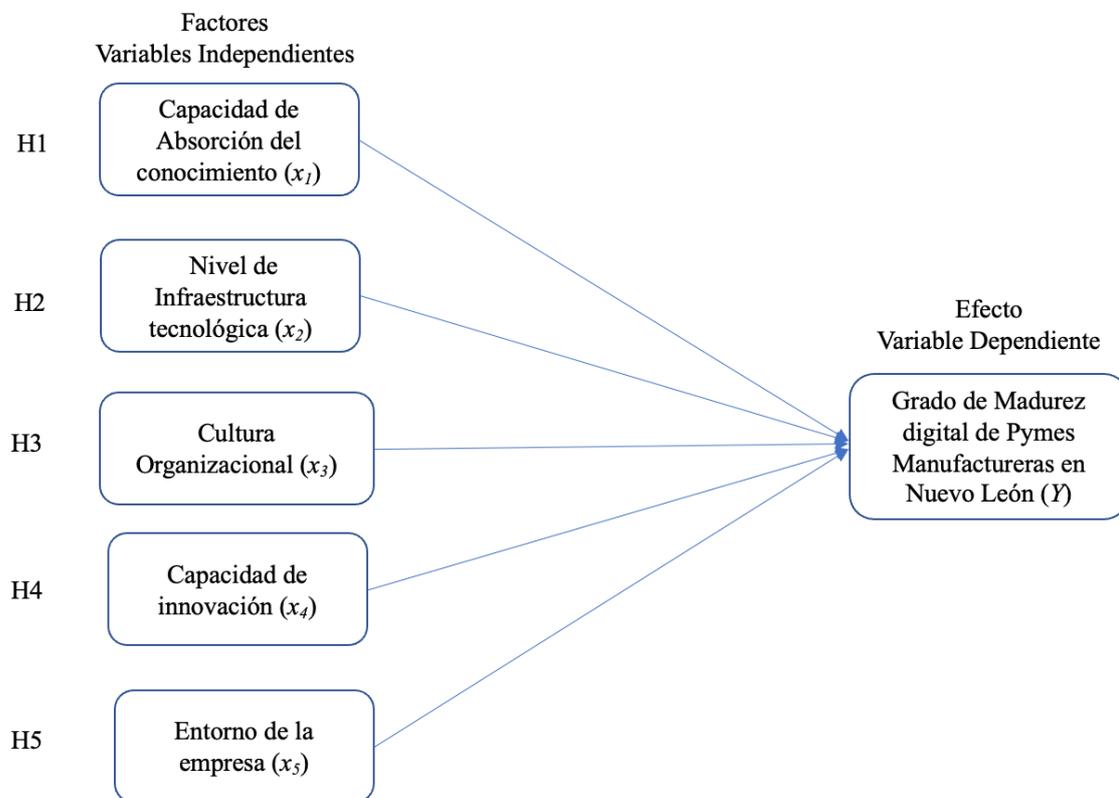
De acuerdo con la literatura otro factor relacionado con la madurez digital es la capacidad de innovación. Frente a tal concepto diversos autores aportan elementos para

su comprensión: el Manual de Oslo (OECD/Eurostat, 2018) define a la innovación como la implantación de cambios significativos en el producto, proceso, marketing o la organización de la empresa con el propósito de mejorar los resultados. En México, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) define a la innovación como la capacidad de generar nuevos productos, procesos, servicios, métodos o de incrementar valor a los existentes.

Entre los estudios empíricos afines a los factores relacionados a la capacidad de innovación con la transformación digital se encontró el de Breard y Yoguel (2013) y Zhu et al. (2003).

Con base en la revisión de la literatura y las investigaciones empíricas precedentes, en esta investigación se analiza la situación actual del grado de madurez digital en la región y las relaciones encontradas de acuerdo con los factores más significativos. De tal manera, se construyó el modelo gráfico de las hipótesis que se muestra en la Figura 1.

Figura 1
Modelo gráfico de las hipótesis



Fuente: elaboración propia

Las hipótesis presentadas en esta investigación son las siguientes:

H₁: La capacidad de absorción del conocimiento tiene relación directa con la madurez digital de las Pymes manufactureras de Nuevo León.

H₂: El nivel de infraestructura tecnológica tiene relación directa con la madurez digital de Pymes manufactureras de Nuevo León.

H₃: La cultura organizacional tiene relación directa con la madurez digital de Pymes manufactureras de Nuevo León.

H₄: La capacidad de innovación tiene relación directa con la madurez digital de Pymes manufactureras de Nuevo León.

H₅: El entorno de la empresa tiene relación directa con la madurez digital de Pymes manufactureras de Nuevo León.

Método

La presente investigación es de tipo cuantitativo debido a que se utilizó la recolección de datos de manera objetiva para probar las hipótesis generadas mediante la medición numérica y análisis estadístico de las variables consideradas. El tipo de diseño es transversal por realizarse la medición en una sola oportunidad. El alcance es exploratorio al analizar un tema poco estudiado en la región, descriptivo porque el fin es indagar la incidencia de las variables en la muestra, correlacional explicativo porque establece la relación de las variables en función de la relación causa-efecto, es no experimental ya que se observó el fenómeno sin realizar algún tipo de manipulación de las variables del modelo (Hernández-Sampieri et al., (2018).

La muestra se determinó mediante la técnica de muestreo probabilístico aleatorio simple en una población finita de empresas Pymes (pequeñas y medianas empresas) manufactureras en el estado de Nuevo León, a un 90% de nivel de confianza y un error del 10%, resultando el cálculo de la muestra en 66 sujetos participantes de empresas Pymes manufactureras en el universo muestral seleccionado. El instrumento de medición se elaboró basado en estudios citados en la revisión de literatura (Flatten, 2011; Kane, 2017; Rivas y Stumpo, 2013; Zhu, 2003; Consoli, 2012) y se envió a las empresas seleccionadas con previa autorización de los sujetos encuestados.

Para la recopilación de datos se aplicó una encuesta con evaluación en escala Likert del 1 al 5, de tipo 1) Totalmente en desacuerdo, 2) En desacuerdo, 3) Ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4) De acuerdo, 5) Totalmente de acuerdo, (Soriano, 2014). A través de la valoración de cada ítem de la encuesta se obtuvo un valor cuantitativo para cada variable, con los que posteriormente se realizó el análisis de resultados con el uso de la regresión lineal múltiple. En la Tabla 1 se exponen los ítems, variables, clasificación, tipo y medición de cada variable.

Tabla 1*Variables, clasificación, tipo y medición de las variables de estudio*

Ítems	Variable	Nombre de la Variable	Clasificación	Tipo	Medición
CABC1 al CABC8	X1	Capacidad de Absorción del Conocimiento	Independiente	Ordinal-discreta	Cuantitativa Escala Likert 1-5
NIT9 al NIT 19	X2	Nivel de Infraestructura Tecnológica	Independiente	Ordinal-discreta	Cuantitativa Escala Likert 1-5
CO20 al CO27	X3	Cultura Organizacional	Independiente	Ordinal-discreta	Cuantitativa Escala Likert 1-5
CI28 al CI35	X4	Capacidad de innovación	Independiente	Ordinal-discreta	Cuantitativa Escala Likert 1-5
EE36 al EE43	X5	Entorno de la empresa	Independiente	Ordinal-discreta	Cuantitativa Escala Likert 1-5
MD44 al MD48	Y	Grado de Madurez Digital	Dependiente	Ordinal-discreta	Cuantitativa Escala Likert 1-5

Para determinar la validez del contenido el instrumento de medición se sometió a juicio de un grupo de expertos para su revisión, dando como resultado la modificación de la redacción de algunos ítems y diversas recomendaciones en cuanto a la escala utilizada.

Así mismo, se realizó una prueba piloto para comprobar la confiabilidad del instrumento de medición, en la cual se analizaron las respuestas de 22 encuestas provenientes de empresas Pymes manufactureras ubicadas en Nuevo León. El análisis de los datos se realizó utilizando el software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). Se utilizó el indicador Alpha de Cronbach a cada variable para demostrar la correlación existente. En la Tabla 2 se muestran los ítems eliminados en cada variable y los ítems considerados, con el objetivo de mejorar la consistencia interna del instrumento. Finalmente, la encuesta quedó con 41 preguntas para la recopilación de datos.

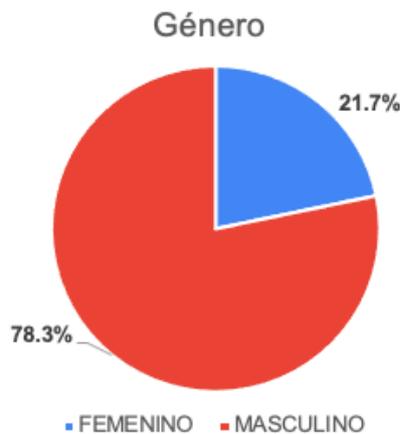
Tabla 2*Valores del Alpha de Cronbach prueba piloto*

Variable	Nombre de la Variable	Alpha de Cronbach final	Ítems eliminados del total	Ítems considerados
X1	Capacidad de Absorción del Conocimiento	0.86	0/8	CABC1 al CABC8
X2	Nivel de Infraestructura Tecnológica	0.83	0/11	NIT9 al NIT19
X3	Cultura Organizacional	0.73	1/8	CO20, CO21, CO22, CO23, CO24, CO26, CO27
X4	Capacidad de innovación	0.85	1/7	CI28, CI29, CI30, CI31, CI32, CI33, CI35
X5	Entorno de la empresa	0.77	3/8	EE38, EE39, EE40, EE41, EE42
Y	Grado de Maurez Digital	0.72	2/5	MD44, MD46, MD48

Resultados

Los resultados de la presente investigación se muestran a continuación, presentando primero algunas de las características más importantes de la muestra y posteriormente los resultados de la regresión lineal múltiple para cada variable. La cantidad de encuestas aplicadas fueron de 77, sin embargo, se tuvieron valores atípicos en algunas de las muestras, resultando 69 encuestas consideradas como válidas. Esta información se muestra en la Figura 2.

Figura 2
Género de los encuestados



Los estadísticos descriptivos de los ítems de estudio de la variable independiente X1 Capacidad de Absorción del Conocimiento, se detallan en la Tabla 3, de la cual se destaca que la media de las respuestas obtenidas tiende a 3, un nivel intermedio de promover y aplicar el conocimiento y entrenamiento en las nuevas tecnologías.–Los resultados del promedio del ítem CAB7 fueron de 4, se destaca que la formación y capacitación de los empleados es fundamental para la mejora de las organizaciones en las empresas encuestadas.

Tabla 3
Estadística Descriptiva de la Variable Capacidad de Absorción del Conocimiento

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
CABC1	69	2	5	3.74	1.05
CABC2	69	1	5	3.62	0.99
CABC3	69	2	5	3.52	0.95
CABC4	69	2	5	4.00	0.91
CABC5	69	2	5	3.49	0.964
CABC6	69	1	5	2.94	1.29
CABC7	69	1	5	4.04	1.05
CABC8	69	1	5	3.81	1.13

En el caso de la variable independiente X2 Nivel de infraestructura tecnológica, la información de estadística descriptiva se presenta en la Tabla 4, de la cual se destaca que el promedio de las respuestas tiende a ser 2, lo que indica que sí existe conocimiento sobre las tecnologías mencionadas, pero no se utilizan en las empresas encuestadas. Se interpreta en cuanto al uso de las tecnologías analizadas que la Nube es la tecnología más

utilizada y la Inteligencia Artificial y Blockchain son las menos utilizadas en las empresas encuestadas.

Tabla 4

Estadística Descriptiva de la Variable Nivel de Infraestructura Tecnológica

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
NIT9	69	1	5	3.16	1.02
NIT10	69	1	5	2.86	1.17
NIT11	69	1	5	2.52	0.95
NIT12	69	1	5	2.84	1.21
NIT13	69	1	5	2.02	0.91
NIT14	69	1	5	2.29	1.00
NIT15	69	1	5	2.35	1.19
NIT16	69	1	5	3.64	1.18
NIT17	69	1	5	1.90	0.79
NIT18	69	1	5	3.10	1.20
NIT19	69	1	5	1.62	0.97

En referencia a la variable Cultura Organizacional, la información es presentada en la Tabla 5, se observa que el promedio de cada uno de los ítems se orienta hacia 4, lo cual hace referencia a la importancia que las organizaciones encuestadas le dan a los aspectos organizacionales en la empresa. En el ítem CO27 la pregunta refiere a la importancia de la visión de los líderes para dirigir los esfuerzos de digitalización, la cual presenta una mayor variación en las respuestas recabadas.

Tabla 5

Estadística Descriptiva de la Variable Cultura Organizacional

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
CO20	69	2	5	4.33	0.83
CO21	69	2	5	4.45	0.80
CO22	69	1	5	3.87	1.04
CO23	69	1	5	3.78	1.11
CO24	69	1	5	4.13	0.97
CO26	69	1	5	3.48	1.16
CO27	69	1	5	3.74	1.16

Sobre la variable independiente Capacidad de Innovación se observa un nivel intermedio en cuanto a los aspectos de innovación, nuevas iniciativas y aspectos de investigación y desarrollo en sus organizaciones, ya que el promedio de las respuestas en todos los ítems tiende a ser 3. El ítem CI33 se refiere a la investigación para la mejora de productos o procesos y muestra mayor variabilidad sin ser significativa. Esto puede observarse en la Tabla 6.

Tabla 6*Estadística Descriptiva de la Variable Capacidad de Innovación*

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
CI28	69	2	5	3.97	0.98
CI29	69	2	5	3.88	0.98
CI30	69	1	5	3.94	0.97
CI31	69	1	5	3.51	0.96
CI32	69	1	5	3.74	1.02
CI33	69	1	5	3.75	1.16

En el caso de la variable independiente Entorno de la Empresa se obtuvo una media de 3 en 4 de los ítems que conforman esta variable, solamente en el caso del ítem EE38 se obtuvo una media en las respuestas de 2.93, que indaga acerca del desarrollo de e-commerce o e-business en la cadena de valor en su entorno, teniendo también la mayor desviación estándar de los ítems que integran la variable, con 1.10. Esto se observa en la Tabla 7.

Tabla 7*Estadística Descriptiva de la Variable Entorno de la Empresa*

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
EE38	69	1	5	2.93	1.10
EE39	69	1	5	3.49	0.99
EE40	69	1	5	3.62	0.94
EE41	69	1	5	3.36	1.04
EE42	69	2	5	3.71	0.99

En el caso de la variable dependiente Madurez Digital el ítem MD44 que indaga acerca de que la estrategia de transformación digital de la empresa sea clara y coherente se observa un promedio que tiende a 3, con una desviación estándar de 1.11, siendo la mayor de los ítems que conforman esta variable, se interpreta que los encuestados no tienen una perspectiva clara y coherente sobre las estrategias de transformación digital que adopta su organización. En los otros dos ítems MD46 y MD48 se observa que el promedio de los encuestados ubica a su empresa en un nivel de principiante o aprendiz en cuanto a su nivel de madurez digital como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8*Estadística Descriptiva de la Variable Entorno de la Empresa*

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
MD44	69	1	5	3.11	1.12
MD46	69	1	4	2.78	0.72
MD48	69	1	4	2.57	0.67

Los resultados de los encuestados muestran que las variables se encuentran entre los puntos 2 y 3 de la escala seleccionada, lo cual indica un nivel intermedio, principiante-aprendiz en la transformación digital, en cuanto a los constructos formulados en la encuesta.

Resultados de la regresión lineal múltiple

En la siguiente sección se muestran los resultados del análisis de los datos mediante el uso de regresión lineal múltiple. En la regresión lineal múltiple los coeficientes de las variables independientes miden el cambio absoluto que resulta en la variable dependiente ante el cambio en las variables independientes (Hair et al., 2014). En esta investigación se evaluó el efecto de las cinco variables independientes (X_1, X_2, X_3, X_4, X_5) sobre la variable dependiente (Y) mediante la modelación con regresión lineal múltiple.

El modelo generado se probó frente a los principios de la regresión lineal para comprobar la correlación y significancia de las variables y las hipótesis planteadas.

Medida de la bondad de ajuste: coeficiente de correlación lineal

Esta prueba se usa para determinar el ajuste de los datos a una distribución en una población con un modelo de probabilidad. La medida estadística R^2 se usa para indicar que tan cerca están los datos de la línea de regresión ajustada. La R^2 indica el porcentaje de variación en la variable de respuesta que es explicado por un modelo lineal. Un valor de 0 significa que el modelo no explica ningún porcentaje de la variabilidad de los datos de respuesta, es decir, no existe correlación lineal, un resultado entre 0 y 0.2 muestra una correlación lineal muy débil, entre 0.2 y 0.5 refiere a una correlación lineal débil, entre 0.5 y 0.7 muestra una correlación lineal media y entre 0.7 y 0.9 es una correlación lineal fuerte.

Para esta investigación se usó el software SPSS versión 25, primero utilizando el método entrada forzada y después el método por pasos sucesivos, el cual generó 3 modelos que se muestran en la Tabla 9. De acuerdo con la medida R^2 , el modelo 3 es el que presenta una mayor validez, ya que se obtuvo una R^2 de 0.73 y una R cuadrada ajustada de 0.714, así como una correlación lineal fuerte de 0.85 entre las variables independientes nivel de infraestructura tecnológica, capacidad de absorción del conocimiento y entorno de la empresa con la variable dependiente madurez digital, las cuales fueron incluidas en el modelo. Las variables excluidas en este modelo fueron Cultura Organizacional y Capacidad de Innovación.

Tabla 9

Modelos desarrollados por el método de pasos sucesivos.

Modelo	R	R cuadrada	Ajuste cuadrada	R	Error estándar del estimado	Durbin Watson
1	0.744	0.553	0.55		0.64	
2	0.832	0.692	0.68		0.53	
3	0.852	0.726	0.71		0.51	2.03
Modelo 1	Variables Independientes: Nivel de Infraestructura Tecnológica (NIT)					
Modelo 2	Variables Independientes: Nivel de Infraestructura Tecnológica (NIT), Capacidad de Absorción del Conocimiento (CABC)					
Modelo 3	Variables Independientes: Nivel de Infraestructura Tecnológica (NIT), Capacidad de Absorción del Conocimiento (CABC), Entorno de la Empresa (EE)					
	Variable dependiente: Madurez Digital (MD)					

Análisis de Varianza: ANOVA

1. El análisis de Varianza (ANOVA) se utiliza para comparar las varianzas entre las medias de dos o más grupos de datos. En este análisis se usó la

ecuación F de Fisher de la ecuación 1, obteniendo como resultado una F de 57.47, la cual resulta significativa con un valor significativo en *p* de 0.00, este análisis se muestra en la Tabla 10. De acuerdo con los resultados se rechaza la hipótesis nula, la cual indica que no hay interacciones entre las variables independientes y las dependientes y se acepta la hipótesis alterna que establece que existe una interacción entre las variables independientes y dependientes, indicando que el modelo es significativo.

Ecuación 1. Ecuación F de Fisher

$$F = \frac{FMS \text{ Regresión}}{FMS \text{ Residual}}$$

Fuente: (Montgomery, 2004)

Tabla 10
Análisis de Varianza (Anova)

Modelo		Suma de Cuadrados	D F	Media Cuadrática	F	Sig.
Modelo 3	Regresión	44.14	3	14.71	57.47	.00
	Residual	16.64	6	0.26		
	Total	60.78	5			
			8			
Variables Independientes: Nivel de Infraestructura Tecnológica (NIT), Capacidad de Absorción del Conocimiento (CABC), Entorno de la Empresa (EE) Variable dependiente: Madurez Digital (MD)						

Significancia de las variables t-student

Para demostrar cuales son las variables que tienen un impacto en el modelo realizado se usó el estadístico t-student. En este estudio el método pasos sucesivos o stepwise determinó que 3 de las 5 variables ingresadas en el modelo fueron significativas. Estas variables son nivel de infraestructura tecnológica (NIT), capacidad de absorción del conocimiento (CABC) y entorno de la empresa (EE), todas con impacto positivo. Los coeficientes estandarizados para el modelo resultante se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11
t-student y coeficientes estandarizados

Modelo Variable	Coeficientes no Estandarizados		Coeficientes estandarizados t	Coeficientes	
	Beta	Error estándar	Beta	t	Sig
Constante	-0.03	0.06		-0.41	0.68
Nivel de Infraestructura tecnológica	0.49	0.07	0.52	7.11	0.00
Capacidad de absorción del conocimiento	0.26	0.08	0.27	3.10	0.00
Entorno de la Empresa	0.23	0.08	0.25	2.85	0.01

Linealidad

Esta prueba sirve para verificar que la variable dependiente y las variables independientes tengan una relación lineal. Se analiza el resultado del coeficiente de correlación de Pearson según los siguientes parámetros: coeficiente de 1 indica una relación perfecta y positiva, entre $.90 \leq r \leq 1.00$ es muy alta, $.70 \leq r \leq .90$ es alta, $.40 \leq r \leq .70$ es moderada, $.20 \leq r \leq .40$ es baja, $r = 0$ es nula y $r = -1.00$ es grande, perfecta y negativa.

En la Tabla 12 se observa una correlación alta para la variable nivel de infraestructura tecnológica y correlación moderada para las variables capacidad de absorción del conocimiento, entorno de la empresa, cultura organizacional y capacidad de innovación, sin embargo, el método por pasos sucesivos no consideró las variables cultura organizacional y capacidad de innovación en el modelo propuesto.

Tabla 12
Correlación de Pearson

Tipo de Variable	Nombre de la Variable	Correlación
V.I	Nivel de Infraestructura Tecnológica (NIT)	0.74
V.I	Capacidad de Absorción del Conocimiento (CABC)	0.66
V.I	Entorno de la empresa	0.64
V.I	Cultura Organizacional	0.56
V.I	Capacidad de Innovación	0.56

Multicolinealidad

Esta es una prueba para detectar si las variables independientes de la regresión lineal presentan similitudes, es decir, la existencia de una fuerte correlación entre ellas, por lo cual los pronósticos del modelo obtenido no serían confiables. Para demostrar la no multicolinealidad en la investigación se usó el factor de inflación de la varianza (FIV o VIF en inglés) calculado en la Ecuación 2. Un valor de VIF debe encontrarse por debajo de 10 para indicar que no hay multicolinealidad. En la práctica a partir de 5 se considera que existe multicolinealidad.

Ecuación 2. Cálculo de multicolinealidad

$$VIF = \frac{1}{1 - R^2}$$

A continuación, en la Tabla 13 se muestran los resultados estadísticos que se encuentran dentro de los rangos establecidos por la literatura.

Tabla 13
Multicolinealidad

Modelo	Colinealidad Variable	Tolerancia	VIF
3	Constante		
	Nivel de Infraestructura Tecnológica (NIT)	.78	1.28
	Capacidad de Absorción del Conocimiento (CABC)	.55	1.82
	Entorno de la Empresa (EE)	.56	1.79
A. Variable Dependiente: Madurez Digital (MD)			

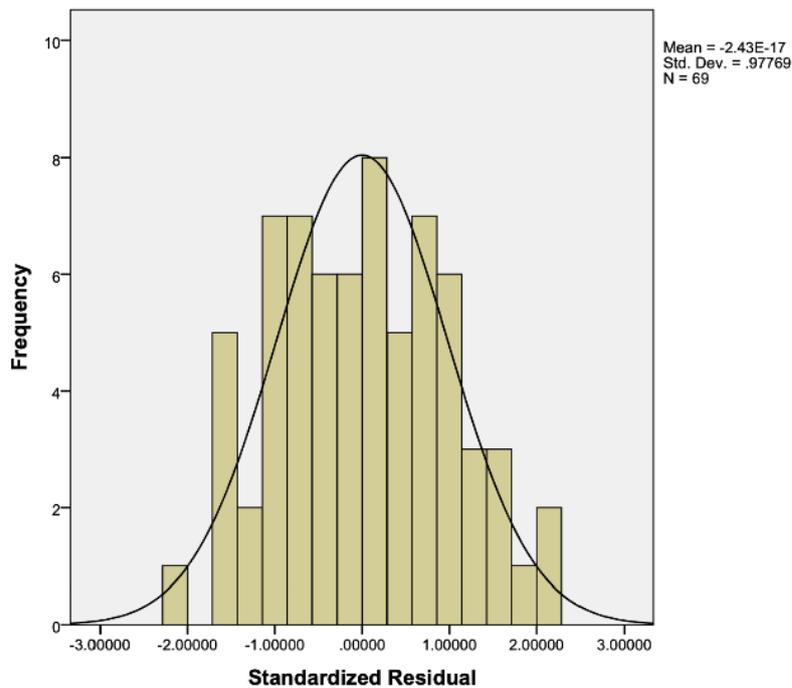
Durbin-Watson

El estadístico Durbin-Watson es una prueba que se usa para detectar la presencia de auto correlación entre los residuos. El valor de este estadístico varía de 0 a 4. El valor de Durbin-Watson debe de encontrarse en 2 o tomar valores permitidos entre 1.5 y 2.5 para indicar que hay independencia entre los residuos. En esta investigación el valor del Durbin-Watson es de 2.03, lo que indica que no hay auto correlación entre los residuos.

Normalidad

La normalidad indica que de acuerdo con los resultados de las variables explicativas X, la variable dependiente Y sigue una distribución normal. Para confirmar la normalidad de manera visual se generó un histograma en el que se muestra que los datos presentan una distribución normal observando una ligera asimetría como se aprecia en la Figura 3.

Figura 3
Gráfico de Normalidad



Adicionalmente se realizó la prueba Kolmogorov-Smirnov. En esta prueba un resultado menor a 0.05 indica que la distribución no es normal, si es mayor a 0.05 la distribución es normal. Para los datos analizados se obtuvo un nivel de significación de 0.99 concluyendo que la distribución es normal.

Comprobación de las Hipótesis

En la Tabla 14 se muestra el consolidado de la aceptación o no aceptación de las hipótesis, para la variable dependiente Madurez Digital de acuerdo con el análisis estadístico realizado.

Tabla 14
Consolidado de Información de las Variables Independientes

Variable	Hipótesis	Beta	P value	Aceptada Rechaza	o
Capacidad de Absorción del Conocimiento	La Capacidad de Absorción del Conocimiento tiene relación directa con la madurez digital de las Pymes Manufactureras de Nuevo León	.26	.00	Aceptada	
Nivel de Infraestructura Tecnológica	El nivel de infraestructura tecnológica tiene relación directa con la madurez digital de Pymes manufactureras de Nuevo León	.49	.00	Aceptada	
Cultura Organizacional	La Cultura Organizacional tiene relación directa con la madurez digital de las Pymes Manufactureras de Nuevo León	-	-	No aceptada	
Capacidad de Innovación	La Capacidad de Innovación tiene relación directa con la madurez digital de las Pymes Manufactureras de Nuevo León	-	-	No aceptada	
Entorno de la Empresa	El Entorno de la empresa tiene relación directa con la madurez digital de las Pymes Manufactureras de Nuevo León	0.23	.00	Aceptada	

Dado lo anterior se construye la ecuación 3 del modelo de regresión lineal múltiple propuesto, la cual al aplicarla en una muestra más grande explicaría el 71.4% del fenómeno estudiado.

Ecuación 3. Modelo estadístico del estudio

$$\Delta Y = -.03 + .26X_1 + .49X_2 + .23X_5 + \epsilon$$

Donde:

Y = Grado de Madurez Digital

X_1 = Capacidad de absorción del conocimiento

X_2 = Nivel de infraestructura tecnológica

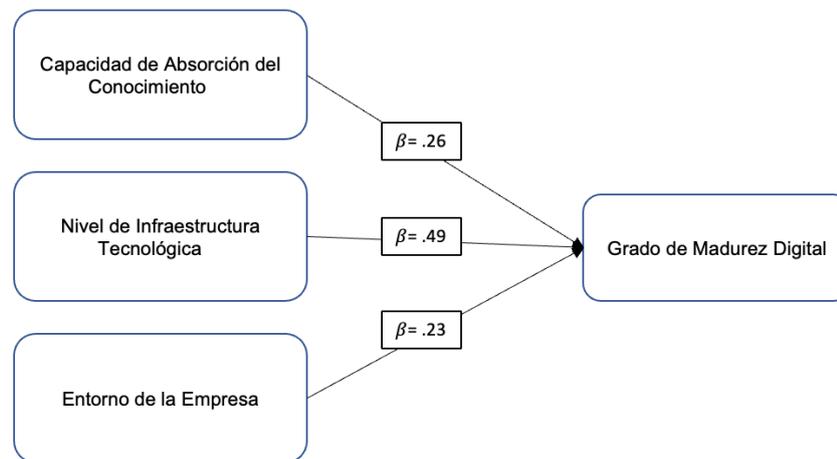
X_5 = Entorno de la empresa

Discusión y conclusiones

Los resultados indicaron que de las cinco variables independientes del modelo propuesto tres tienen relación directa con la variable dependiente madurez digital en las empresas Pymes manufactureras de Nuevo León, las cuales son capacidad de absorción del conocimiento, nivel de infraestructura tecnológica y entorno de la empresa.

Por otro lado, las variables cultura organizacional y capacidad de innovación no se aceptaron debido a que no resultaron significativas según el método estadístico utilizado. En la Figura 4 se presenta el resultado del modelo causa-efecto de madurez digital para las Pymes manufactureras del Estado de Nuevo León.

Figura 4
Modelo Causa-Efecto Final



Los resultados estadísticos obtenidos son consistentes con la investigación de Zahra y George (2002) los cuales reconocen la capacidad de absorción de conocimiento para adquirir, asimilar, transformar y explotar el conocimiento para generar el cambio, mejorar el desempeño de la organización y mantener ventajas competitivas. Así mismo, la investigación realizada coincide con lo señalado por Pérez Hernández et al. (2019), que indica que la capacidad de absorción del conocimiento es esencial para la explotación de tecnología, así como la generación de nuevos productos o procesos.

En cuanto a la variable nivel de infraestructura tecnológica el modelo desarrollado coincide con Baker (2011) al indicar que tiene relación directa con la madurez digital de las Pymes manufactureras de Nuevo León. Estos resultados son consistentes con el estudio empírico de Zhu et al. (2003), en que el uso de la tecnología es un impulsor en la adopción y transformación hacia un negocio digital.

En cuanto a la variable cultura organizacional no se aceptó una relación directa de esta variable con la madurez digital, lo cual contrasta con Kane (2017), quien indicó la importancia de los cambios en la cultura organizacional y el liderazgo en las organizaciones para obtener mayor grado de transformación digital. Los resultados también contrastan con lo indicado por Tornatzky y Fleischer (1990), quienes establecieron la importancia del factor organizacional en la adopción de tecnología. Se

consideró que el resultado se debió a la influencia del tamaño de la compañía y el tipo de estructura muy plana en donde el liderazgo organizacional y las decisiones respecto a la organización son centralizadas, es decir tomadas generalmente por el dueño o fundadores del negocio y de quienes depende la apertura a las nuevas decisiones tecnológicas, lo cual afecta en la cultura organizacional de la empresa.

La variable Capacidad de Innovación no resultó significativa en la adopción de nuevas tecnologías. Este resultado contrasta con diversas teorías basadas en la teoría DOI o Difusión de Innovaciones (Rogers, 1995; Oliveira y Martins, 2011). Se piensa que el resultado en este estudio se debe a que, al participar en la encuesta el dueño o un alto mando de la empresa puede que exista un sesgo en sus respuestas, debido a que tiene una visión diferente de lo que sucede en el aspecto de innovación en comparación con los empleados de la misma.

Cabe destacar que en los resultados de las dos variables Cultura Organizacional y Capacidad de Innovación se identificó que las respuestas de algunos reactivos se encuentran sobrevaloradas comparativamente con otras preguntas por lo que esto afecta el resultado final. En lo referente a la Cultura Organizacional los reactivos preguntan sobre el grado de importancia de diferentes aspectos relacionados con la cultura organizacional, por ejemplo: ¿En su organización que tan importante es el análisis de datos para la toma de decisiones? Al responder, el encuestado puede pensar que efectivamente sí es importante, pero esto no quiere decir que se aplique el análisis de datos para la toma de decisiones, por lo que se recomienda reestructurar la redacción de las preguntas de este apartado y cambiar a ¿qué tanto aplica en su organización el análisis de datos para la toma de decisiones?, de esta manera las respuestas serían más apegadas a la realidad ya que la pregunta se enfoca hacia la aplicación de la herramienta.

Por último, el entorno de la empresa tiene relación directa con la madurez digital de Pymes manufactureras de Nuevo León. Los resultados son consistentes con las aportaciones de diversos autores como Dini (2021) que menciona la calidad de la infraestructura logística, el nivel de la presión competitiva y el grado de digitalización de los proveedores, Rivas y Stumpo (2011), que mencionan el entorno económico, el sector productivo, el marco legal y regulatorio, la infraestructura de las telecomunicaciones e informática, y por ultimo Consoli (2012), que señala factores requerimientos de innovación del cliente y políticas públicas aspectos que fueron cuestionados en el instrumento de medición.

Limitaciones y recomendaciones

En cuanto a las limitaciones del estudio se encontró que fue una tarea difícil lograr reunir las respuestas de las empresas participantes, ya que los niveles gerenciales generalmente tienen su agenda muy complicada.

Como futuras líneas de investigación se recomienda mejorar la redacción de las preguntas Cultura Organizacional y Capacidad de Innovación y validar nuevamente el instrumento de medición, ya que de acuerdo con la literatura estas dos variables son importantes para la madurez digital en otras regiones en el mundo. Es importante comprender también el impacto del tamaño de la organización en los resultados, dado que el análisis se realizó en Pymes, las cuales muestran condiciones específicas diferentes a las grandes empresas. Por otro lado, se recomienda realizar un estudio cualitativo con la intención de comprender mejor y de manera descriptiva el contexto de estas dos variables en las organizaciones manufactureras del estado de Nuevo León.

Referencias

- Baker, J. (2011). The Technology–Organization–Environment Framework. *Information Systems Theory*, 231–245. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6108-2_12
- Basco, A. I., Beliz, G., Coatz, D., Garnero, O., & Garnero, P. (2018). Industria 4.0 Fabricando el Futuro. *Banco Interamericano de Desarrollo (BID)*. <http://dx.doi.org/10.18235/0001229>
- Breard, G., & Yoguel, G. (2013). Patrones de incorporación de TIC en el tejido empresarial argentino: factores determinantes. En M. Novick & S. Rotondo (Eds.), *El desafío de la TIC en Argentina: crear capacidades para la generación de empleo*. (1.^a Ed). CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/3009>
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 128. <https://doi.org/10.2307/2393553>
- Consoli, D. (2012). Literature Analysis on Determinant Factors and the Impact of ICT in SMEs. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 62, 93–97. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.016>
- Cuevas-Vargas, H. (2018). El impacto de la tecnología de equipo en las Pymes manufactureras mexicanas. *Revista Facea*. 8. 43-54. <https://www.researchgate.net/publication/327895042>
- Davis, F.D. (1986) *A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: Theory and results*, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology.
- Dini M., Gligo N. & Patiño A. (2021) *Transformación digital de las mipymes: elementos para el diseño de políticas*. Documentos de Proyectos (LC/TS.2021/99), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/47183>
- Eunice, P. (2021, agosto). *Potencial mexicano para liderar la implementación de industria 4.0*. MexicoIndustry. <https://mexicoindustry.com/noticia/potencial-mexicano-para-liderar-la-implementacion-de-industria-40>
- Flatten, T. C., Engelen, A., Zahra, S. A., & Brettel, M. (2011). A measure of absorptive capacity: Scale development and validation. *European Management Journal*, 29(2), 98–116. <https://doi.org/10.1016/j.emj.2010.11.002>
- Gallegos, R. (2020). *La Digitalización en las Pymes: una solución para salir de la crisis de covid-19* (N.º 1). Wilson Center Institute. <https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/media/uploads/documents/La%20digitalizacion%20de%20las%20Pymes.Una%20solucion%20para%20salir%20de%20la%20crisis%20de%20COVID19.pdf>
- Ghobakhloo, M., & Ching, N. T. (2019). Adoption of digital technologies of smart manufacturing in SMEs. *Journal of Industrial Information Integration*, 16, 100-107. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2019.100107>
- González Varona, J. M. (2021). Retos para la Transformación Digital de las PYMES: Competencia Organizacional para la Transformación Digital. [Tesis Doctoral, Universidad de Valladolid] <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/47767>
- Hair, J., Black, W., Babin, B., & Anderson, R. (2014). *Multivariate Data Analysis*. England: Pearson.
- Hernández-Sampieri, R., & Torres, C. P. M. (2018). *Metodología De La Investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (1a ed.). McGraw-Hill.
- Horváth, D., y Szabó, R. Z. (2019). Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal

- opportunities?. *Technological Forecasting and Social Change*, 146, 119-132. <https://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2019.05.021>
- INEGI (2019). *Censos Económicos 2019*. Instituto Nacional De Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx/programas/ce/2019/>
- Joyanes Aguilar, L. (2020) *Industria 4.0, Estado del Arte y futuro en el horizonte 2030* <http://biblioteca.sena.edu.co/images/PDF/joyanesaguilar.pdf>
- Kane, G. C., Palmer, D., Nguyen-Phillips, A., Kiron, D., & Buckley, N. (2017). Achieving digital maturity. *MIT Sloan Management Review*, 59(1).
- Martínez, D. T. (2020). Metodología para la implementación de las tecnologías de la industria 4.0 en las mipymes en México. [Tesis de Máster, Universidad Autónoma del Estado de Morelos] http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/1259/TOMDRB02_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mittal, S., Khan, M. A., Romero, D., & Wuest, T. (2018). A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs). *Journal of manufacturing systems*, 49, 194-214. <https://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2019.05.02110.1016/j.jmsy.2018.10.005>
- Montgomery, D. C. & Runger, G. C. (2007). *Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería* (2ª ed.). D.F., México: Limusa Wiley.
- OECD/Eurostat (2018), Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition, *The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities*, OECD Publishing, Paris/Eurostat, Luxembourg. <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>
- Oliveira, T., and Martins, M.F. (2011). Literature Review of Information Technology Adoption Models at Firm Level. *The Electronic Journal Information Systems Evaluation*, 14(1). <https://academic-publishing.org/index.php/ejise/article/view/389>
- Palos-Sanchez, P., Reyes-Menendez, A., & Saura, J. R. (2019). Modelos de Adopción de Tecnologías de la Información y Cloud Computing en las Organizaciones. *Información tecnológica*, 30(3), 3-12. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642019000300003>
- Pérez Hernández, C. C., Moheno Mendoza, J., & Salazar Hernández, B. C. (2019). Análisis estadístico de la capacidad de absorción en México y su influencia en la generación de conocimiento tecnológico. *Innovar: Revista De Ciencias Administrativas Y Sociales*, 29(72), 41-58. <https://www.jstor.org/stable/26607944>
- Pérez, S. O. & López, M. (2019). Industria 4.0: Un reto para la competitividad de las Pymes en México. En J. Gómez, E. Vázquez, & M. J. Cuervo (Eds.), *Políticas Públicas en la 4T*. Grupo Editorial HESS, S.A. de C.V. <http://revistareflexiones.mx/wp/wp-content/uploads/2020/12/Políticas-públicas-en-la-4t.pdf>
- Riquelme, R. (2019, 9 de octubre). México llega con retraso a la Cuarta Revolución Industrial. *El Economista*. Recuperado el 30 de Enero de 2021, de El Economista: <https://www.economista.com.mx/tecnologia/Mexico-llega-con-retraso-a-la-Cuarta-Revolucion-Industrial-20191009-0055.html>
- Rivas, D., & Stumpo, G. (2013). Las TIC en el tejido productivo de América Latina. En M. Novick, S. Rotondo, y NU. CEPAL Argentina. Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social Comisión Europea (Eds.), *El desafío de las TIC en Argentina: crear capacidades para la generación de empleo*. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/3009>
- Rogers, E.M. (1995) *Diffusion of innovations*. Free Press.
- Soriano, A. M. (2014). *Diseño y validación de instrumentos de medición*. *Diálogo,s* 14, 1940.

- Souza, C. A. D., Siqueira, R. S., & Reinhard, N. (2017). Digital Divide of Small and Medium-Sized Enterprises: An Analysis of Influencing Factors using The TOE Theory. *RAM. Revista de Administração Mackenzie*, 18(2), 15–48. <https://doi.org/10.1590/1678-69712017/administracao.v18n2p15-48>
- Tornatzky, L.G. & Fleischer, M. (1990) *The Processes of Technological Innovation*. Lexington Books, Lexington.
- Ynzunza Cortés, C. B., Izar Landeta, J. M., Bocarando Chacón, J. G., Aguilar Pereyra, F., & Larios Osorio, M. (2017). El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras. *Conciencia Tecnológica*, 1(54), 33–45. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94454631006>
- Zahra, S. A., y George, G. (2002). Absorptive Capacity: A Review, Reconceptualization, and Extension. *The Academy of Management Review*, 27(2), 185–203. <https://doi.org/10.2307/4134351>
- Zhu, K., Kraemer, K., & Xu, S. (2003). Electronic business adoption by European firms: a cross-country assessment of the facilitators and inhibitors. *European Journal of Information Systems*, 12(4), 251–268. <https://doi.org/10.1057/palgrave.ejis.3000475>