

Modelo de madurez tecnológica: un análisis de capacidades y gestión en consultoras de software de Sonora, México¹

Model for technological maturity: an analysis of capabilities and management in software consulting firms in Sonora, Mexico

Modelo de maturidade tecnológica: uma análise das capacidades e da gestão em empresas de consultoria de software em Sonora, Mexico

Submetido: 11/08/2025. Aprobado: 18/09/2025

Processo de Avaliação: Double Blind Review- DOI: <https://doi.org/10.21710/rch.v38i2.797>

Jorge Guadalupe Mendoza-León - jorge.mendoza@itson.edu.mx <https://orcid.org/0000-0001-9627-8370> Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON).

Marco Antonio Hernández Aguirre mahernandez@itson.edu.mx <https://orcid.org/0009-0002-8324-8476> Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON).

Christian Valenzuela Meráz - cristianvlzameraz@gmail.com <https://orcid.org/0009-0008-7532-206X> Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON).

Juan José García Ochoa – juanjose.garcia@unison.mx <https://orcid.org/0000-0002-0413-7341> Universidad de Sonora (UNISON).

RESUMEN

En el contexto de la Cuarta Revolución Industrial (4RI), las empresas consultoras de software enfrentan desafíos significativos para adoptar tecnologías emergentes y mantener su competitividad. Este estudio analiza el nivel de madurez tecnológica de las consultoras de software

en Sonora, México, mediante un enfoque cuantitativo basado en capacidades tecnológicas (CT) y gestión tecnológica (GT). Utilizando datos de la Encuesta sobre Tecnologías de la Información y las Comunicaciones 2013 (ENTIC2013) del INEGI y aplicando análisis de componentes

¹ *Financiamiento:* Este proyecto ha sido financiado con recursos propios del Instituto Tecnológico de Sonora, a través del programa PROFAPI 2025-110 "Industria 4.0 y tecnologías emergentes: su impacto en la sustentabilidad en la industria manufacturera del sur de Sonora, México", bajo Folio 2025-0524.

principales (ACP), se desarrolló un marco conceptual que integra 19 variables distribuidas en seis subdimensiones: inversión, producción, vinculación, dirección estratégica, innovación tecnológica y transferencia de tecnología. Los resultados revelan que las empresas muestran niveles heterogéneos de madurez, destacando un uso avanzado de servicios en la nube para producción, pero deficiencias en capacitación del personal y proyectos de

innovación. El modelo propuesto clasifica la madurez en cuatro niveles (baja, media-baja, media-alta y alta) según la combinación de CT y GT. Las conclusiones sugieren la necesidad de estrategias sistemáticas para construir capacidades tecnológicas alineadas con los requerimientos de la 4RI, proporcionando una herramienta de evaluación aplicable a MiPymes de diversos sectores.

Palabras clave: madurez tecnológica, consultoras de software, cuarta revolución industrial (4RI), capacidades tecnológicas (CT), gestión tecnológica (GT)

ABSTRACT

In the context of the Fourth Industrial Revolution (4IR), software consulting firms face significant challenges in adopting emerging technologies and maintaining their competitiveness. This study analyzes the level of technological maturity of software consultancies in Sonora, Mexico, using a quantitative approach based on Technological Capabilities (TC) and Technological Management (TM). Using data from the 2013 Information and Communications Technologies Survey

(ENTIC2013) by INEGI and applying Principal Component Analysis (PCA), a conceptual framework was developed that integrates 19 variables distributed across six subdimensions: investment, production, linkage, strategic direction, technological innovation, and technology transfer. The results reveal that companies show heterogeneous maturity levels, highlighting an advanced use of cloud services for production, but deficiencies in staff training and innovation projects. The proposed

model classifies maturity into four levels (low, medium-low, medium-high, and high) according to the combination of TC and TM. The conclusions suggest the need for systematic strategies to build technological

capabilities aligned with the requirements of the 4IR, providing an assessment tool applicable to MSMEs (MiPymes) across various sectors.

Keywords: *technological maturity, software consultancies, fourth industrial revolution (4IR), technological capabilities (TC), technological management (TM)*

RESUMO

No contexto da Quarta Revolução Industrial (4RI), as empresas de consultoria de software enfrentam desafios significativos na adoção de tecnologias emergentes e na manutenção de sua competitividade. Este estudo analisa o nível de maturidade tecnológica de empresas de consultoria de software em Sonora, México, utilizando uma abordagem quantitativa baseada em capacidades tecnológicas (CT) e gestão de tecnologia (GT). Com base em dados da Pesquisa sobre Tecnologias da Informação e Comunicação de 2013 (ENTIC2013) do INEGI e aplicando a análise de componentes principais (ACP), foi desenvolvido um modelo conceitual que integra 19 variáveis distribuídas em seis subdimensões: investimento, produção, colaboração, direção estratégica, inovação

tecnológica e transferência de tecnologia. Os resultados revelam que as empresas apresentam níveis heterogêneos de maturidade, destacando-se o uso avançado de serviços em nuvem para produção, mas com deficiências em treinamento de pessoal e projetos de inovação. O modelo proposto classifica a maturidade em quatro níveis (baixo, médio-baixo, médio-alto e alto) de acordo com a combinação de CT e GT. Os resultados sugerem a necessidade de estratégias sistemáticas para o desenvolvimento de capacidades tecnológicas alinhadas aos requisitos da 4RI, fornecendo uma ferramenta de avaliação aplicável a pequenas e médias empresas (PMEs) em diversos setores.

Palavras-chave: *maturidade tecnológica, empresas de consultoria de software, quarta revolução industrial (4IR), capacidades tecnológicas (CT), gestão de tecnologia (GT)*

1 INTRODUCCIÓN

La Cuarta Revolución Industrial ha transformado radicalmente el panorama empresarial, introduciendo un contexto de cambio tecnológico acelerado que desafía la capacidad de adaptación de las organizaciones, las cuales enfrentan desafíos estructurales y estratégicos que dificultan su consolidación (Castaño, 2022; de Souza et al., 2025; Quenum-Gautier et al., 2025). Esta revolución, la cual se asume como el impulso para el sector productivo, que da la tecnología para incrementar la eficiencia y productividad, además de mejorar la competitividad en un mercado global caracterizada por la convergencia de tecnologías digitales, físicas y biológicas, ha reconfigurado los modelos de negocio tradicionales y establecido nuevos estándares de competitividad (Benavente & Suaznavar, 2018; de Souza et al., 2025; Jaime et al., 2024; Xu et al., 2018).

En México, las micro, pequeñas y medianas empresas (MiPymes) enfrentan condiciones particularmente complejas para integrar estas tecnologías emergentes. Antes de la pandemia de COVID-19, estas empresas ya mostraban dificultades significativas para adoptar tecnologías avanzadas, situación que se ha intensificado con las exigencias actuales del mercado (Alvarado et al., 2020; Amaro & Vázquez, 2022; Mendoza et al., 2025). La competitividad tecnológica de las MiPymes mexicanas presenta rezagos considerables en comparación con otros países, lo que limita su capacidad para implementar los habilitadores tecnológicos de la 4RI (Buenrostro, 2022; Valdez-Juárez et al., 2024).

El estado de Sonora, tradicionalmente reconocido por su fortaleza en sectores como la minería y la agricultura, ha experimentado una pérdida de competitividad entre 2016 y 2019, según el Plan Estatal de Desarrollo 2021-2027 (PDE-2021-2027, 2021). Esta situación plantea interrogantes sobre la capacidad de las empresas sonorenses, particularmente aquellas del sector tecnológico, para navegar exitosamente la transformación digital.

Las consultoras de software representan un segmento empresarial estratégico en este contexto, ya que no solo deben adaptarse a las nuevas tecnologías, sino que también actúan como facilitadores de la transformación digital de otros sectores económicos. Sin embargo, existe una brecha significativa en el conocimiento sobre el estado actual de madurez tecnológica de estas empresas no solamente en el estado de Sonora, sino, a nivel nacional, como lo plantea

el estudio de Cisco México (Cisco, 2024; Ollivier et al., 2021; Quenum-Gautier, et al., 2025).

La ausencia de un marco de referencia específico para caracterizar el nivel de madurez tecnológica en consultoras de software sonorenses representa un obstáculo para el diseño de estrategias de desarrollo tecnológico efectivas. Esta carencia, en lo general para el sector, impide la generación de iniciativas focalizadas y la definición de trayectorias de escalamiento apropiadas para la adquisición de capacidades tecnológicas bajo las exigencias de la 4RI (Martínez et al., 2024; Mendoza et al., 2015). La literatura especializada sugiere que la madurez tecnológica no depende únicamente de la adopción de tecnologías avanzadas, sino también de la capacidad organizacional para gestionarlas efectivamente (de Souza et al., 2025; Magdalena et al., 2025; Quenum-Gautier et al., 2025; Martínez et al., 2024). Esta perspectiva holística requiere evaluar tanto las capacidades tecnológicas como las capacidades de gestión tecnológica de manera integrada (Barreto et al., 2021; Mendoza et al., 2015).

A partir de ello se plantea la siguiente pregunta: ¿Cómo desarrollar un marco de referencia específico e integrado para caracterizar el nivel de madurez tecnológica en consultoras de software sonorenses, que contemple tanto las capacidades tecnológicas como las capacidades de gestión tecnológica, para diseñar estrategias efectivas de desarrollo bajo las exigencias de la Cuarta Revolución Industrial?

Este estudio busca generar un diagnóstico integral del nivel de madurez tecnológica de las consultoras de software en Sonora, fundamentado en un marco conceptual que integre las capacidades tecnológicas y la gestión tecnológica. Específicamente, se pretende establecer un modelo de referencia que permita caracterizar y medir estas capacidades mediante un enfoque cuantitativo robusto, proporcionando una herramienta de evaluación que facilite la identificación de áreas de mejora y el diseño de estrategias de desarrollo tecnológico.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 La Base de la Competitividad: Capacidades Tecnológicas (CT)

La capacidad de una empresa para competir se sustenta en sus capacidades ligadas a las actividades tecnológicas. Las Capacidades Tecnológicas (CT) se definen como procesos de aprendizaje acumulado, es decir, conocimientos que auxilian a las empresas en el manejo de la

tecnología, la gestión, los métodos de producción y la organización (Liu et al., 2020; Zapata & Hernández, 2018). La acumulación de estas capacidades es crucial, ya que fortalecen los recursos para generar y administrar los cambios tecnológicos (Lall, 1992; Mendoza et al., 2015; Peerally et al., 2022).

Una empresa utiliza las CT para asimilar, utilizar, adaptar y transformar tecnologías existentes, o para crear nuevos productos, procesos y servicios. Lall (1992) organiza estas capacidades en tres pilares o funciones mayores, que deben madurar o escalar con el tiempo a medida que la empresa desarrolla actividades más complejas:

1. Capacidades de Inversión: (Pre-inversión y ejecución de proyectos)
2. Capacidades de Producción: (Ingeniería de procesos, producto e industrial)
3. Capacidades de Vinculación: (Adquisición de bienes, servicios e intercambio de información)

Tabla 1.
Matriz de Capacidades Tecnológicas (Lall, 1992)

		INVERSIÓN			PRODUCCIÓN		VINCULACIÓN
		Pre-Inversión	Ejecución del Proyecto	Ingeniería de procesos	Ingeniería de producto	Ingeniería industrial	Vinculación
Grado de Complejidad	Básico Simple, rutinaria (basada en la experiencia)	Estudios de prefactibilidad y factibilidad selección de la ubicación, programación de la inversión	Construcción civil, servicios auxiliares, montaje del equipo, puesta en marcha	Depuración, equilibrio, control de calidad en mantenimiento preventivo, asimilación del proceso tecnológico	Asimilación de diseño de productos, adaptaciones menores frente a necesidades del mercado	Flujo de trabajo, programación, estudio de tiempos y movimientos, control de inventarios.	Adquisición local de bienes y servicios, intercambio de información con proveedores
	Intermedio Adaptativa - Duplicativa (basada en la búsqueda)	Búsqueda de fuentes tecnológicas negociación de contratos, negociación de términos adecuados, información de sistemas	Adquisición de equipos, ingeniería detallada, formación y selección personal calificado.	Expansión de Equipo, adaptación de procesos y ahorro de costos, licenciamiento de nueva tecnología	Mejora de la calidad del producto, licenciamiento y asimilación de nueva tecnología de productos importados	Monitoreo de la productividad, coordinación mejorada.	Transferencia de tecnología de proveedores locales, diseño coordinado, vínculos con Instituciones de Ciencia y Tecnología
	Avanzado Innovadora arriesgada (basada en la investigación)		Diseño básico de Procesos, diseño y suministro de equipos	Innovación de procesos internos, investigación básica	Innovación interna de productos, investigación básica		Resguardo y desarrollo de Capacidades integrales, cooperación en I+D, licenciamiento de propia tecnología a terceros

Fuente: elaboración propia con base en Lall (1992)

2.2 La Dirección del Conocimiento: Gestión Tecnológica (GT)

La efectividad empresarial depende de la capacidad de manejar las interrelaciones entre la organización, su entorno, las personas y la tecnología (Castellanos, 2008). La Gestión Tecnológica (GT) se define como la capacidad de una empresa para hacer que el conocimiento sea productivo y rentable (Suárez & Garavito, 2004). Esto implica diseñar e implementar estrategias basadas en el conocimiento, que permitan identificar avances tecnológicos y posicionar a la empresa mediante la incorporación de nuevas tecnologías a productos y procesos (Jasso & Ortega, 2009; Medellín, 2024). La GT integra diferentes procesos relacionados con el manejo de la tecnología dentro de un marco administrativo eficaz (Castellanos, 2008; Medellín, 2024). Dentro de la GT, tres dimensiones son recurrentes en la literatura: la dirección estratégica, la transferencia de tecnología y la gestión de la innovación tecnológica.

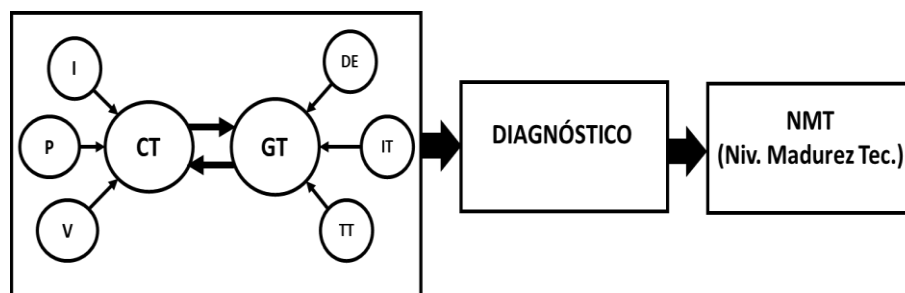
2.3 El Modelo Conceptual CT, GT y MT

El modelo de este estudio parte de la premisa de una correlación directa y positiva entre las CT y la GT, ya que el proceso de aprendizaje facilitado por la gestión tecnológica permite adquirir capacidades, lo que a su vez impulsa actividades de gestión más avanzadas, creando un "círculo virtuoso" (Castellanos, 2008; Mendoza et al., 2015).

El modelo conceptual propuesto se sustenta en estas dos grandes dimensiones interconectadas (Figura 1):

- Gestión Tecnológica (GT): Se descompone en Dirección Estratégica (DE), Innovación Tecnológica (IT) y Transferencia de Tecnología (TT).
- Capacidades Tecnológicas (CT): Se descompone en Inversión (I), Producción (P) y Vinculación (V).

Figura 1. Modelo Conceptual de la relación GT, CT y MT



Fuente: elaboración propia con base en Castellanos, 2008; Lall (1992); Mendoza et al., 2015

El análisis de las variables de estas dimensiones genera el insumo para diagnosticar el nivel de madurez tecnológica de las empresas, que es el estatus de actualización o avance que posee una empresa con respecto a la tecnología de su sector, definiendo su capacidad para competir e innovar, asumiendo que el nivel de madurez digital determina la orientación hacia la sostenibilidad de una empresa (Buenrostro, 2022; Lall, 1992; Magdalena et al., 2025; Ollivier et al., 2021), especialmente en las Mipymes, que genere una alineación estratégica y una formación continua para liberar todo el potencial de la Industria 4.0, a partir de adoptar un conjunto de herramientas potentes, que por ahora, son incipientes en la mayoría del sector empresarial a nivel global (Quenum-Gautier et al., 2025; Xu et al., 2018).

3 MÉTODO

3.1 Enfoque Metodológico

La investigación adoptó un enfoque cuantitativo basado en análisis multivariado, específicamente mediante el método de Análisis de Componentes Principales (ACP). Esta técnica estadística permite reducir la dimensionalidad de conjuntos de datos complejos mientras preserva la mayor cantidad posible de variabilidad presente en los datos originales (Fallas & Chavarría, 2011).

3.2 Fuente de Datos y Muestra

La fuente primaria de información fueron los datos generados por la Encuesta sobre

Tecnologías de la Información y las Comunicaciones 2013 [ENTIC2013] del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), publicada en el año 2014. Es una encuesta periódica que tiene como objetivo principal medir la adopción y el uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) y el comercio electrónico en el sector empresarial, brindando un panorama completo sobre la disponibilidad y uso de las TIC's en dicho sector (INEGI, 2014).

Asimismo, esta encuesta, de carácter probabilístico, permite la generalización de resultados a la población objetivo de empresas consultoras de software; además, cuenta con la confiabilidad de un comité especializado, cuyo propósito es el aseguramiento de la calidad de la información estadística y geográfica, basado en la norma para el aseguramiento de la calidad de la información (INEGI, 2020).

Para la delimitación sectorial, se utilizó la clasificación de la rama 55 de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), correspondiente específicamente a "Consultoría en Software" (OECD, 2021). Esta clasificación asegura la homogeneidad sectorial de la muestra y la relevancia de los hallazgos para el objeto de estudio.

3.3 Marco Conceptual y Variables

El modelo conceptual desarrollado integra dos dimensiones principales: Capacidades Tecnológicas (CT) y Gestión Tecnológica (GT). Esta estructura teórica se fundamenta en los trabajos seminales de Lall (1992) sobre capacidades tecnológicas y en la literatura contemporánea sobre gestión de la innovación (Castellanos, 2008), como se muestra en la Figura 1.

Las Capacidades Tecnológicas se operacionalizaron a través de tres subdimensiones: Inversión (I), Producción (P) y Vinculación (V). La subdimensión de Inversión abarca las capacidades relacionadas con la identificación, evaluación y adquisición de tecnologías. La Producción incluye las habilidades para utilizar y adaptar tecnologías en procesos operativos. La Vinculación se refiere a las capacidades para establecer relaciones tecnológicas con actores externos del ecosistema de innovación. Asimismo, la Gestión Tecnológica se estructuró en tres subdimensiones complementarias: Dirección Estratégica (DE), Innovación Tecnológica (IT) y Transferencia de Tecnología (TT). La Dirección Estratégica engloba las capacidades de

planificación y toma de decisiones tecnológicas a nivel organizacional. La Innovación Tecnológica incluye los procesos de generación y aplicación de nuevo conocimiento tecnológico. La Transferencia de Tecnología abarca las capacidades para adquirir, adaptar y difundir conocimientos tecnológicos.

3.4 Selección y Clasificación de Variables

Del conjunto total de variables disponibles en la ENTIC2013, se seleccionaron 19 de ellas que, que tuvieran correspondencia conceptual con las dimensiones y subdimensiones del modelo teórico propuesto. Este proceso de selección se basó en criterios de relevancia teórica, disponibilidad de datos y capacidad discriminante de las variables; derivando así, en la clasificación que presenta la Tabla 2, la cual muestra la forma en que se construye cada una de las dimensiones descritas en el modelo teórico-conceptual.

Tabla 2.
Clasificación de Dimensiones, Subdimensiones y Variables del Estudio]**

DIMENSION	NO.	MNEMOTECNICO	TEMÁTICAS (encuesta)	SUB DIMENSION	INDICADORES/VARIABLES
CAPACIDADES TECNOLÓGICAS	1	TUI_71_I_1	Tecnologías y uso de la Información	INVERSION	Número de Empresas que utilizaron internet para Reclutamiento y selección de personal
	2	TUI_75_I_2	Tecnologías y uso de la Información		Número de Empresas que SI utilizaron internet para realizar sus actividades.
	3	PAI_1_I_3	Prospectiva en áreas informáticas		Número de Empresas que SI planean contar/mantener un departamento dedicado a sistemas e informática Propio.
	4	PUE_1_I_4	Personal que utilizó equipo de cómputo		Número de Empresa que SI contaron con un departamento propio dedicado a sistemas e informática para el apoyo de actividades administrativas o productivas.
	5	TCC_4_P_1	Computación en nube	PRODUCCIÓN	Porcentaje del total de servicios TIC's basados en nube de las empresas.
	6	TCC_2_P_2	Computación en nube		Número de empresas del sector productivo que realizaron trabajo a distancia.
	7	TCC_1_P_3	Computación en nube		Número de empresas del sector productivo que accedieron a la computación en nube.
	8	UTI_2_V_1	El uso de las TIC's en proyectos de innovación	VINCULACIÓN	Número de empresas del sector productivo que SI tuvieron al menos un proyecto de innovación en producto o proceso.
	9	TCC_3_V_2	Computación en nube		Porcentaje del total de compras por mercancías o adquisición de servicios vía internet de las empresas.
	10	TUI_39_V_3	Tecnologías y uso de la Información		Empresas que SI obtuvieron ventajas con el uso del internet-Expansión geográfica de mercado. (A)b

GESTION TECNOLÓGICA	11	TUI_73_DE_1	Tecnologías y uso de la Información	DIRECCIÓN ESTRATÉGICA	Número de Empresas que utilizaron internet para realizar diversas actividades de capacitación a distancia.
	12	PUE_3_DE_2	Personal que utilizó equipo de cómputo		Número de Empresas que capacitaron al personal en área de TICs de la empresa.
	13	TUI_12_DE_3	Tecnologías y uso de la Información		Número de Empresas que, SI contaron con página en internet o redes sociales, Dominio.com o similar.
	14	PAI_3_DE_4	Prospectiva en áreas informáticas		Empresas que planean implementar o modernizar su página en internet con su propio Dominio .com o similar.
	15	TUI_49_IT_1	Tecnologías y uso de la Información	INNOVACIÓN TECNOLÓGICA	Número de Empresas que realizaron acciones a través de los portales gubernamentales-licitaciones entre otras.
	16	UTI_8_IT_2	El uso de las TIC's en proyectos de innovación		Número de Empresas que si usaron internet en los procesos de innovación para mercadeo de los productos resultado de los proyectos de innovación. (A)
	17	TUI_13_IT_3	Tecnologías y uso de la Información		Número de Empresas que, SI contaron con página en internet o redes sociales Redes sociales como facebook, twitter, entre otras.
	18	UTI_4_TT_2	El uso de las TIC's en proyecto de innovación	TRANSFERENCIA TECNOLÓGIA	Número de Empresas que SI usaron internet en los procesos de innovación (Uso WEB, redes, otros para Acceso Nuevas Ideas/Información en General)
	19	UTI_6_TT_3	El uso de las TIC's en proyectos de innovación		Número de Empresas que SI usaron internet en los procesos de innovación Empresas que se comunicaron con EXPERTOS en sus procesos Innovación.

Fuente: elaboración propia

3.5 Procedimiento de Análisis

El análisis se ejecutó siguiendo una secuencia metodológica estructurada. Primero, se realizó la preparación y limpieza de la base de datos, asegurando la calidad y consistencia de la información. Posteriormente, se aplicó el ACP para identificar los componentes principales que explicaran la mayor variabilidad en los datos. El criterio de Kaiser se utilizó para determinar el número de componentes a retener, considerando únicamente aquellos con valores propios (eigenvalues) superiores a 1.0. Este criterio estadístico asegura que cada componente retenido explique más variabilidad que una variable individual estandarizada.

En el análisis cuantitativo, el software Minitab versión 19 se empleó para ejecutar todos los procedimientos estadísticos, garantizando la precisión de los cálculos y la reproducibilidad de los resultados (Minitab, 2024).

3.6 Interpretación y Clasificación

Los vectores propios (eigenvectors) de cada componente se analizaron para interpretar su significado conceptual y validar la correspondencia con el marco teórico propuesto. La magnitud y dirección de las cargas factoriales permitieron identificar qué variables contribuyen

más significativamente a cada componente. Así también, para la clasificación de niveles de madurez tecnológica, se desarrolló un sistema de cuadrantes basado en la combinación de puntuaciones en los dos componentes principales identificados. Este sistema permite categorizar a las empresas en cuatro niveles de madurez: baja, media-baja, media-alta y alta.

4 RESULTADOS

4.1 Validación del Modelo Estadístico

El análisis de componentes principales confirmó la viabilidad del marco conceptual propuesto. Los dos primeros componentes principales presentaron valores propios superiores a 1.0, cumpliendo con el criterio de Kaiser para su retención en el modelo. El Componente 1, interpretado como Capacidades Tecnológicas (CT), obtuvo un valor propio de 1.3678, explicando el 7.2% de la varianza total. El Componente 2, correspondiente a Gestión Tecnológica (GT), registró un valor propio de 1.3263, explicando el 7.0% de la varianza.

La varianza acumulada explicada por ambos componentes alcanzó el 14.2%, proporcionando una base sólida para la interpretación de los resultados. Aunque este porcentaje puede parecer modesto, es consistente con la naturaleza exploratoria del estudio y la complejidad inherente de los fenómenos tecnológicos organizacionales, tal como se ilustra en la Tabla 3.

Tabla 3.
Análisis de Valores y Vectores Propios de la Matriz de Correlación

VARIABLES	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
Valor propio	1.3678	1.3263	1.2435	1.218	1.1886	1.1406	1.0858	1.0724	1.0492	0.9743
Proporción	0.072	0.07	0.065	0.064	0.063	0.06	0.057	0.056	0.055	0.051
Acumulada	0.072	0.142	0.207	0.271	0.334	0.394	0.451	0.508	0.563	0.614
VARIABLES	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	
Valor propio	0.9597	0.9253	0.8953	0.8408	0.8233	0.7996	0.7299	0.702	0.6576	
Proporción	0.051	0.049	0.047	0.044	0.043	0.042	0.038	0.037	0.035	
Acumulada	0.665	0.713	0.76	0.805	0.848	0.89	0.928	0.965	1	

Fuente: elaboración propia

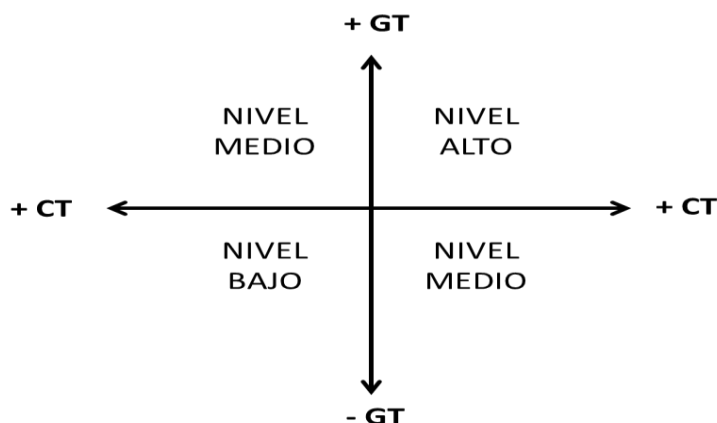
4.2 Interpretación de Componentes

El análisis de los vectores propios reveló patrones coherentes con el marco teórico establecido. El Componente 1 (CT) mostró cargas factoriales elevadas en variables relacionadas con la adopción y uso de tecnologías, mientras que el Componente 2 (GT) presentó mayor asociación con variables vinculadas a procesos de gestión y toma de decisiones tecnológicas. Esta diferenciación estadística valida empíricamente la distinción conceptual entre tener capacidades tecnológicas y saber gestionarlas efectivamente, aspecto fundamental en los modelos de madurez tecnológica contemporáneos.

4.3 Clasificación por Niveles de Madurez

El sistema de clasificación desarrollado permite categorizar a las empresas consultoras de software según su posicionamiento en los dos componentes principales. La representación gráfica mediante cuadrantes facilita la interpretación y comunicación de los resultados.

Figura 2. Niveles de Madurez Tecnológica según Capacidades y Gestión



Fuente: elaboración propia

- a) Madurez Alta: Empresas que combinan altos niveles tanto en Capacidades Tecnológicas como en Gestión Tecnológica (+CT, +GT). Estas organizaciones representan el estado ideal de desarrollo tecnológico, demostrando no solo la adopción de tecnologías

avanzadas sino también la capacidad para gestionarlas estratégicamente.

- b) Madurez Media-Alta: Empresas con fortalezas en una dimensión y desarrollo intermedio en la otra (+CT, -GT o -CT, +GT). Este grupo presenta oportunidades específicas de mejora, ya sea fortaleciendo sus capacidades de gestión o incrementando su base tecnológica.
- c) Madurez Media-Baja: Empresas que muestran desarrollo limitado en ambas dimensiones, pero con potencial de crecimiento. Requieren intervenciones focalizadas para avanzar hacia niveles superiores.
- d) Madurez Baja: Empresas con niveles limitados en ambas dimensiones (-CT, -GT). Este segmento requiere intervenciones integrales de desarrollo tecnológico que aborden simultáneamente la adopción de tecnologías y el fortalecimiento de capacidades de gestión.

4.4 Análisis por Subdimensiones Tecnológicas

4.4.1 Computación en la Nube

Los resultados en esta área muestran un panorama heterogéneo. En la subdimensión de Producción, las empresas consultoras de software sonorenses demuestran un nivel ALTO en la adopción de servicios basados en la nube, indicando una tendencia positiva hacia la modernización de su infraestructura tecnológica. Este hallazgo sugiere que las empresas han reconocido los beneficios de la computación en la nube para optimizar sus operaciones y reducir costos de infraestructura. Sin embargo, se identificaron limitaciones significativas en áreas complementarias. El factor relacionado con compras y adquisición de mercancías o servicios mediante plataformas en la nube registró un nivel BAJO, sugiriendo que la adopción se concentra en aspectos operativos básicos sin extenderse a procesos de negocio más complejos.

El trabajo a distancia, habilitado por tecnologías en la nube, mostró un nivel medio, resultado que puede reflejar tanto las limitaciones tecnológicas previas a la pandemia como las oportunidades de mejora en la implementación de modelos de trabajo híbrido.

4.4.2 Uso de TIC's en Proyectos de Innovación

Esta dimensión reveló contrastes importantes entre diferentes aspectos de la innovación tecnológica. En la subdimensión de Innovación Tecnológica, las empresas alcanzaron un nivel ALTO en el uso de internet para procesos de mercadeo de productos innovadores, demostrando capacidades avanzadas para la comercialización digital de sus desarrollos tecnológicos.

La Transferencia de Tecnología presentó un nivel MEDIO en el uso de internet para procesos de consulta con expertos y acceso a información especializada. Este resultado intermedio sugiere que las empresas se encuentran en etapas iniciales de adopción de prácticas de gestión del conocimiento más sofisticadas.

Preocupantemente, la subdimensión de Vinculación registró un nivel BAJO, indicando una participación limitada en proyectos de innovación colaborativa. Esta deficiencia puede limitar significativamente las oportunidades de aprendizaje tecnológico y acceso a conocimientos especializados externos.

4.4.3 Personal y Recursos Informáticos

El análisis del factor humano y los recursos informáticos reveló áreas críticas de mejora. En la subdimensión de Inversión, específicamente en departamentos o áreas propias de informática, las empresas mostraron un nivel MEDIO, sugiriendo una inversión insuficiente en capacidades internas de soporte tecnológico.

La subdimensión de Dirección Estratégica presentó resultados particularmente preocupantes, con un nivel BAJO en factores relacionados con la capacitación del personal en TIC's. Este hallazgo indica una limitada orientación estratégica hacia el desarrollo de capital humano tecnológico, aspecto fundamental para la competitividad en la era digital.

4.4.4 Prospectiva en Áreas Informáticas

Los resultados en planificación estratégica tecnológica mostraron un desempeño intermedio. Tanto la subdimensión de Inversión como la de Dirección Estratégica alcanzaron niveles MEDIOS en factores relacionados con la planeación de áreas informáticas propias y estrategias para mejorar sitios web con dominio propio.

Estos resultados sugieren que las empresas han iniciado procesos de planificación

tecnológica, pero requieren fortalecimiento en la implementación y seguimiento de estas iniciativas estratégicas.

4.4.5 Tecnologías y Uso de la Información

Esta dimensión presentó los resultados más desafiantes del estudio. Las subdimensiones de Inversión, Dirección Estratégica e Innovación Tecnológica registraron niveles BAJOS en múltiples indicadores críticos, incluyendo el uso de internet, computadoras de escritorio, portátiles, tablets y teléfonos inteligentes por parte de los empleados.

Tabla 4
Resumen de Niveles de Madurez por Subdimensión Tecnológica

	CAPACIDADES TECNOLÓGICAS			GESTIÓN TECNOLÓGICAS		
	INVERSIÓN	PRODUCCIÓN	VINCULACIÓN	DIRECCIÓN ESTRATÉGICA	INNOVACIÓN TECNOLÓGICA	TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA
Grado de Complejidad	A L T O	Porcentaje del total de servicios TIC's basados en nube de las empresas.		Empresas que SI obtuvieron ventajas con el uso del internet-Expansión geográfica de mercado.		
		Número de Empresas que utilizaron internet para Reclutamiento y selección de personal		Número de Empresas que SI usaron internet en los procesos de innovación para mercadeo de los productos resultado de los proyectos de innovación.		
		Número de empresas del sector productivo que realizaron trabajo a distancia.		Número de Empresas que SI contaron con página en internet o redes sociales como facebook, twitter, entre otras.		
Grado de Complejidad	M E D I O	Número de Empresas que SI planean contar/mantener un departamento dedicado a sistemas e informática Propio.		Empresas que planean implementar o modernizar su página en internet con su propio Dominio .com o similar.		
		Número de Empresa que SI contaron con un departamento propio dedicado a sistemas e informática para el apoyo de actividades administrativas o productivas.		Número de Empresas que SI usaron internet en los procesos de innovación (Uso WEB, redes, otros para Acceso Nuevas Ideas/Información en General)		
		Número de empresas del sector productivo que accedieron a la computación en nube.		Número de Empresas que SI usaron internet en los procesos de innovación Empresas que se comunicaron con EXPERTOS en sus procesos Innovación.		
Grado de Complejidad	B A J O	Número de empresas del sector productivo que SI tuvieron al menos un proyecto de innovación en producto o proceso.		Número de Empresas que utilizaron internet para realizar diversas actividades de capacitación a distancia.		
		Porcentaje del total de compras por mercancías o adquisición de servicios vía internet de las empresas.		Número de Empresas que realizaron acciones a través de los portales gubernamentales-licitaciones entre otras.		
		Número de Empresas que SI utilizaron internet para realizar sus actividades.		Número de Empresas que capacitaron al personal en área de TICs de la empresa.		

Fuente: elaboración propia

De igual forma, la capacitación a distancia y el uso de internet para trámites gubernamentales también mostraron niveles BAJOS, evidenciando una participación incipiente en procesos de digitalización básica. Estos hallazgos son particularmente preocupantes considerando que se trata de empresas del sector tecnológico.

No obstante, se identificaron algunos aspectos con desempeño intermedio. El reclutamiento de personal mediante plataformas digitales, el uso estratégico de redes sociales, y su aplicación en procesos de innovación alcanzaron niveles MEDIOS, sugiriendo oportunidades específicas de desarrollo.

5 CONCLUSIONES

En cuanto a las implicaciones Teóricas del Modelo, los resultados obtenidos validan empíricamente la distinción conceptual entre Capacidades Tecnológicas y Gestión Tecnológica como dimensiones complementarias pero diferenciadas de la madurez tecnológica organizacional. La confirmación estadística de esta diferenciación mediante análisis de componentes principales fortalece el marco teórico propuesto y proporciona una base sólida para futuras investigaciones en el campo. Asimismo, el modelo desarrollado demuestra que la madurez tecnológica no es un fenómeno unidimensional, sino que resulta de la interacción compleja entre la capacidad de adoptar tecnologías y la habilidad para gestionarlas estratégicamente. Esta perspectiva multidimensional ofrece una comprensión más matizada de los desafíos que enfrentan las empresas en su proceso de transformación digital.

Por otra parte, el diagnóstico de las consultoras de software sonorenses revela un panorama de desarrollo tecnológico heterogéneo, caracterizado por fortalezas específicas en ciertas áreas y deficiencias significativas en otras. La adopción avanzada de servicios en la nube para procesos productivos contrasta marcadamente con las limitaciones en capacitación del personal y participación en proyectos de innovación colaborativa. Esta heterogeneidad sugiere que las empresas han priorizado inversiones tecnológicas que ofrecen beneficios operativos inmediatos, pero han descuidado aspectos fundamentales para la competitividad a largo plazo, como el desarrollo de capital humano y las capacidades de innovación.

Con respecto a los desafíos para la Transformación Digital, los hallazgos identifican

varios desafíos críticos que las consultoras de software sonorenses deben abordar para navegar exitosamente la Cuarta Revolución Industrial. En consecuencia, la limitada inversión en capacitación del personal representa una vulnerabilidad estratégica significativa, considerando que las tecnologías emergentes requieren competencias especializadas para su implementación efectiva. Además, la baja participación en proyectos de innovación colaborativa limita las oportunidades de aprendizaje tecnológico y acceso a conocimientos especializados. En un entorno caracterizado por la convergencia tecnológica y la innovación abierta, esta limitación puede comprometer la capacidad competitiva a mediano plazo.

A pesar de los desafíos identificados, los resultados también revelan oportunidades significativas de desarrollo, por mencionar, la experiencia adquirida en computación en la nube proporciona una base sólida para la adopción de tecnologías más avanzadas asociadas con la 4RI, como inteligencia artificial, internet de las cosas y análisis de Big Data. De igual manera, las capacidades demostradas en mercadeo digital de productos innovadores sugieren competencias valiosas para la comercialización de soluciones tecnológicas avanzadas, aspecto crucial para la competitividad en mercados globalizados.

Los resultados sugieren la necesidad de desarrollar estrategias sistemáticas y diferenciadas para construir capacidades tecnológicas alineadas con los requerimientos de la 4RI. Estas estrategias deben abordar tanto las capacidades técnicas como las capacidades de gestión tecnológica de manera integrada. Se recomienda priorizar inversiones en desarrollo de capital humano, particularmente en programas de capacitación continua que permitan al personal mantenerse actualizado con las tecnologías emergentes. La implementación de sistemas de gestión del conocimiento puede facilitar el aprendizaje organizacional y la transferencia de conocimientos especializados.

En consecuencia, el fortalecimiento de las capacidades de vinculación mediante la participación en ecosistemas de innovación regional y nacional puede proporcionar acceso a conocimientos especializados y oportunidades de colaboración tecnológica.

La investigación proporciona una herramienta metodológica validada para evaluar la madurez tecnológica en MiPymes de diversos sectores. El enfoque basado en análisis de componentes principales ofrece ventajas significativas en términos de objetividad,

reproducibilidad y capacidad de síntesis de información compleja. Asimismo, la aplicabilidad del modelo a diferentes contextos sectoriales y geográficos amplía su potencial de impacto para políticas públicas y estrategias empresariales de desarrollo tecnológico. La actualización periódica de los datos de entrada puede proporcionar información valiosa sobre la evolución de la madurez tecnológica sectorial.

Por otra parte, las limitaciones del estudio incluyen la dependencia de datos secundarios y la antigüedad relativa de la información utilizada. A la fecha, los datos empleados corresponden a los que el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) publica, y al tratarse de una institución oficial y ampliamente reconocida por su confiabilidad en las estadísticas que proporciona, estos constituyen la principal fuente de consulta. Además, hasta el momento no existen estudios con datos más actualizados que sean aplicables al contexto específico en el que se desarrolló la investigación. Cabe mencionar que la naturaleza transversal del análisis impide evaluar la evolución temporal de la madurez tecnológica, un aspecto especialmente relevante en un entorno caracterizado por un cambio tecnológico acelerado.

En este sentido, futuras investigaciones podrían beneficiarse de la integración de metodologías cualitativas para profundizar en los factores organizacionales y contextuales que influyen en el desarrollo de capacidades tecnológicas y la forma en que son gestionadas; aunado a que la extensión del modelo a otros sectores económicos y regiones geográficas podría proporcionar evidencia adicional sobre su validez y aplicabilidad general.

La incorporación de tecnologías emergentes específicas de la 4RI en el marco conceptual permitiría una evaluación más precisa de la preparación empresarial para los desafíos tecnológicos contemporáneos.

REFERENCIAS

Alvarado, A., Morales, D., & Aguayo, E. (2020). Percepción de las micro, pequeñas y medianas empresas mexicanas sobre la responsabilidad social empresarial. **Revista de Ciencias Sociales*, 26*(3), 379-394.

Amaro Rosales, M., & Vázquez Jaramillo, M. del R. (2022). Digitalización y modelos de negocios en Mipymes textiles mexicanas, el caso de Nube Ciega. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, 10(24). Universidad Nacional Autónoma de México. <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2022.24.83708>

Barreto, D. O., Arenas, C. D. C., & Herrera, C. G. N. (2021). Sanjaya Lall: la competitividad industrial y las capacidades tecnológicas. [Sanjaya Lall: Industrial Competitiveness and Technological Capabilities] *Apuntes Del CENES*, 40(71), 41-74. <https://doi.org/10.19053/01203053.v40.n71.2021.10659>

Benavente, J., & Suaznavar, C. (2018). Políticas 4.0 para la cuarta revolución industrial. *Puntos sobre la i*. <https://blogs.iadb.org/innovacion/es/politicas-de-transformacion-digital/>

Buenrostro, E. (2022). Propuesta de adopción de tecnologías asociadas a la industria 4.0 en las Pymes mexicanas. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, 10(24). <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2022.24.81347>

Castaño, V. (2022). La Cuarta Revolución Industrial y sus implicaciones en la logística internacional de las empresas del Oriente antioqueño. *Plataforma Abierta De Libros Y Memorias Académicas - PALMA*, 132–141. Recuperado a partir de <https://cipres.sanmateo.edu.co/ojs/index.php/libros/article/view/594>

Castellanos, Ó. F. (2008). Gestión tecnológica: de un enfoque tradicional a la inteligencia.. Recuperado de: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/69956>

Cisco. (2024). Índice de Madurez Digital Cisco México 2024: Un estudio de Cisco México. Cisco Systems, Inc. Recuperado de https://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/solutions/pdf/indice-de-madurez-digital-cisco-mexico-2024.pdf

de Souza, J. B., De Matos, R. P., Dos Santos, S., Assis, H., & Santiago, S. B. (2025). Analysis of the maturity level of a factory in the electrical-electronic segment of the Manaus Industrial Hub: Case study. *Revista De Gestão Social e Ambiental*, 19(1), 1-16. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v19n1-183>

INEGI. (2014, 25 de septiembre). *Encuesta sobre Tecnologías de Información y Comunicaciones (ENTIC), 2013*. <https://www.inegi.org.mx/programas/entic/2013/>

INEGI. (2020, 10 de noviembre). *Norma para el Aseguramiento de la Calidad de la Información Estadística y Geográfica del Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. <https://extranet.inegi.org.mx/calidad/normatividad-y-otros-documentos/doc/IX-1-Norma-para-el-Aseguramiento-de-la-Calidad-en-el-INEGI-noviembre-2020.pdf>

Jaime, A., Osorio-Sanabria, M., & Valdes-Meza, B. (2024). Preparación de la fuerza laboral para la industria 4.0. [Workforce Readiness for Industry 4.0] *Revista Ibérica De Sistemas e Tecnologías De Informação*, 286-303. <https://itson.idm.oclc.org/login?url=https://www.proquest.com/scholarly-journals/preparación-de-la-fuerza-laboral-para-industria-4/docview/3216946068/se-2>

Lall, S. (1992). Technological capabilities and industrialization. *World Development*, 20(2), 165-186. [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(92\)90097-F](https://doi.org/10.1016/0305-750X(92)90097-F)

Liu, Y., Wu, W., & Wang, Y. (2020). The impacts of technology management on product innovation: The role of technological capability. *IEEE Access*, 8, 210722-

210732. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3038927>

Magdalena, J., Hoffmann-Burdzińska, K., Izabela, M., & Rzońca, Ł. (2025). Digital maturity as a driver of sustainable development goal achievement in Polish enterprises: Evidence from empirical research. *Sustainability*, 17(18), 8465. <https://doi.org/10.3390/su17188465>

Martínez, T. A. S., Álvarez, J. M. C., & Tuesta, J. Q. (2024). Procesos de madurez de capacidad para la transformación digital: caso de una mype peruana. [Study of capability maturity processes for digital transformation: a case of a Peruvian SME] *Revista Ibérica De Sistemas e Tecnologias De Informação*, , 298-309. <https://itson.idm.oclc.org/login?url=https://www.proquest.com/scholarly-journals/procesos-de-madurez-capacidad-para-la/docview/3149272814/se-2>

Mendoza León, J. G., & Valenzuela Valenzuela, A. (2015). Aprendizaje, innovación y gestión tecnológica en la pequeña empresa. Un estudio de las industrias metalmecánica y de tecnologías de información en Sonora. *Contaduría Y Administración*, 59(4). [https://doi.org/10.1016/S0186-1042\(14\)70162-7](https://doi.org/10.1016/S0186-1042(14)70162-7)

Minitab. (2024). *Minitab Statistical Software* (Version 19). Minitab, LLC.

Ollivier Fierro, J. Ó., Martínez Ramos, P. J., & Domínguez Alcaraz, I. (2021). Madurez tecnológica e innovación en empresas mexicanas. *Investigación Administrativa*, 50(128), 1-27. <https://doi.org/10.35426/IAv50n128.09>

Peerally, J. A., Santiago, F., De Fuentes, C., & Moghavvemi, S. (2022). Towards a firm-level technological capability framework to endorse and actualize the Fourth Industrial Revolution in developing countries. *Research Policy*, 51(10), 104563. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2022.104563>

PDE-2021-2027. (2021). Plan Estatal de Desarrollo Sonora 2021-2027. Gobierno del Estado de Sonora.

Quenum Gautier, G. Y., Vallée Stéfanie, & Myriam, E. (2025). The Digital Maturity of Small-and Medium-Sized Enterprises in the Saguenay-Lac-Saint-Jean Region. *Machines*, 13(9), 835. <https://doi.org/10.3390/machines13090835>

Suárez Uribe, E., & Garavito Rojas, S. B. (2004). Evaluación de la gestión tecnológica orientada al manejo de la innovación tecnológica y la transferencia de tecnología: Estudio de benchmarking. *Umbral Científico*, (4), 50-64. <https://www.redalyc.org/pdf/304/30400407.pdf>

Valdez-Juárez, L. E., Ramos-Escobar, E., Hernández-Ponce, O. E., & José Alonso Ruiz-Zamora. (2024). Digital transformation and innovation, dynamic capabilities to strengthen the financial performance of Mexican SMEs: a sustainable approach. *Cogent Business & Management*, 11(1)<https://doi.org/10.1080/23311975.2024.2318635>

Xu, LD, Xu, EL y Li, L. (2018). Industria 4.0: estado del arte y tendencias futuras. *International Journal of Production Research*, 56 (8), 2941–2962. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444806>

Zapata Rotundo, G.J. y Hernández Arias, A. (2018). Capacidad de absorción: revisión de la literatura y un modelo de sus determinantes. *Retos Revista de Ciencias de la Administración y Economía*, 8(16), 121-140. <https://doi.org/10.17163/ret.n16.2018.09>