



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MÉRIDA

ITM

TESIS
IMPLEMENTACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0 EN EL SECTOR DE
TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN EN MÉRIDA, YUCATÁN

PARA OPTAR AL GRADO DE:

MAESTRO EN PLANIFICACIÓN DE EMPRESAS Y DESARROLLO REGIONAL

PRESENTA:
LUIS PABLO MURILLO TOVAR

ASESORA:
DRA. ANA MARÍA CANTO ESQUIVEL

CO-ASESOR:
MTRO. FRANCISCO CIMA COHUO

MÉRIDA, YUCATÁN, MÉXICO

06 DE OCTUBRE DE 2021



DEPENDENCIA: DIV. DE EST. DE POSG. E INV.
No. DE OFICIO: X-266/21
Mérida, Yucatán, 01/septiembre/2021

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

C. LUIS PABLO MURILLO TOVAR
PASANTE DE LA MAESTRÍA EN PLANIFICACIÓN
DE EMPRESAS Y DESARROLLO REGIONAL
PRESENTE.

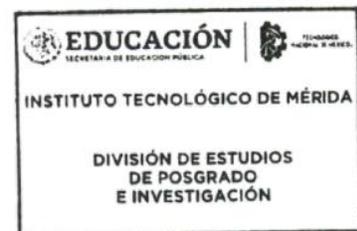
De acuerdo al fallo emitido por su directora de tesis **Ana María Canto Esquivel** y la comisión revisora integrada por su Coasesor Francisco Cima Cohuo, Hermila Andrea Ulibarri Benítez, María Antonia Morales González y Andrés Miguel Pereyra Chan, considerando que cubre los requisitos establecidos en el Reglamento de Titulación de los Institutos Tecnológicos le autorizamos la impresión de su trabajo profesional con la TESIS:

“IMPLEMENTACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0 EN EL SECTOR DE TECNOLOGIAS DE INFORMACIÓN EN MÉRIDA, YUCATÁN”

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica

HERMILA ANDREA ULIBARRI BENÍTEZ
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN



C.p. Archivo
HAUB/AMPC/zac



DEDICATORIA

Para ti **Abueyi** (1933 - 2020)
con amor, tu negro.

Para mi madre y hermano, por su apoyo a través de la distancia.

Para Karina Ortega, mi energía, fuerza y vibración.

A mis profesores de posgrado, por compartir su experiencia académica y su dedicación docente.

Para mis amigos, de antes y de ahora.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por facilitar con su apoyo administrativo y financiero mi derecho a la educación como ciudadano mexicano.

RESUMEN

La Industria 4.0 (I4.0) se configura como una plataforma tecnológica alrededor de un concepto innovador, la “Fabrica Inteligente”, para lograr ese objetivo, la humanidad se encuentra inmersa en una revolución industrial articulada como nunca antes por una sinergia de tecnologías complejas con un común denominador, la ubicuidad de lo digital en el mundo físico, y la generación y procesamiento del mayor volumen de datos en la historia de la humanidad como resultado de esa interacción, la cual se expande aceleradamente en la globalidad y sus procesos socioeconómicos. La presente investigación tuvo como objetivo medir la implementación de la industria 4.0 en un sector peculiar, el de las tecnologías de información (TI) desde un enfoque regional. Para ello, se diseñó un modelo de medición que permitiera explicar a través de dimensiones específicas, las relaciones y configuraciones que caracterizan la implementación tecnológica y madurez digital del sector TI en Mérida, Yucatán.

Este objetivo fue planteado considerando la percepción de los directores generales y los líderes de proyectos de software. Fueron evaluadas las capacidades tecnológicas del sector en 4 tecnologías clave (Internet de las cosas, Inteligencia Artificial, Cómputo en la Nube y Big Data), 7 habilidades personales de valor en el paradigma I4.0 y capacidades de innovación (producto, tecnológica, procesos y gestión). Finalmente, se realizó una comparativa entre el sector TI en Mérida y ciudades como Querétaro, Jalisco y Nuevo León, a partir de la cual y con los resultados obtenidos se propusieron estrategias de gestión tecnológica desde el enfoque de la I4.0. La investigación tiene un enfoque cuantitativo, un diseño no experimental y transversal. Las variables del estudio fueron medidas mediante dos cuestionarios con reactivos en su mayoría de escala *Likert*, cumpliendo para el análisis de información criterios de confiabilidad y validez.

Palabras clave: Industria 4.0, tecnologías de información, desarrollo de software, innovación, gestión tecnológica.

ABSTRACT

Industry 4.0 (I4.0) is configured as a technological platform around an innovative concept, the “Smart Factory”. To achieve this objective, we are immersed in an industrial revolution articulated as never before by a synergy of complex technologies with a common denominator, the ubiquity of digital in the physical world, and the generation and processing of the largest volume of data in the history of mankind as a result of this interaction, which is expanding rapidly in globality and its socioeconomic processes. The objective of this research was to measure the implementation of Industry 4.0 in a particular sector, that of information technology (IT) from a regional perspective. For this, a measurement model was designed that allowed to explain through specific dimensions, the relationships, and configurations that characterize the technological implementation and digital maturity of the IT sector in Mérida, Yucatán.

This objective was raised considering the perception of CEOs and software project leaders. The technological capacities of the sector were evaluated in 4 key technologies (Internet of things, Artificial Intelligence, Cloud Computing, and Big Data), seven personal skills of value in the I4.0 paradigm, and innovation capacities (product, technology, processes, and Management). Finally, a comparison was made between the IT sector in Mérida and cities such as Querétaro, Jalisco, and Nuevo León, from which and with the results obtained, technological management strategies were proposed from the I4.0 approach. The research has a quantitative approach, a non-experimental and cross-sectional design. The study variables were measured using two questionnaires with mostly Likert scale items, meeting reliability and validity criteria for the analysis of information.

Keywords: Industry 4.0, information technology, software development, innovation, technology management.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ABSTRACT	II
ÍNDICE DE CONTENIDO	III
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Planteamiento del problema	6
1.2.1. Preguntas de investigación	9
1.2.2. Objetivos.....	10
1.3. Justificación	11
1.4. Delimitaciones y limitaciones	13
1.5. Contenido de los capítulos	13
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	15
2.1. Industria 4.0.....	15
2.1.1. Tecnologías de la I4.0	17
2.1.2. Estudios empíricos de la implementación I4.0 en México	21
2.2. Procesos de transformación digital.....	23
2.2.1. Modelos de madurez de la Industria 4.0	26
2.3. Gestión Tecnológica y de Innovación.....	31
2.3.1. Sistemas de Innovación	34
2.3.2. Capacidades tecnológicas y de innovación	37
CAPÍTULO III. MARCO CONTEXTUAL	44
3.1 Sector Tecnologías de Información.....	44

ÍNDICE DE CONTENIDO

3.1.1. Sector TI en México.....	46
3.1.2. Sector TI en Mérida, Yucatán	47
3.2 MiPymes de Tecnologías de la Información.....	47
3.2.1. MiPymes de TI en México	48
3.2.2. MiPymes TI en Mérida, Yucatán.....	49
CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA.....	51
4.1 Enfoque de la investigación	51
4.2 Tipo de investigación	52
4.3 Diseño de la investigación	52
4.4 Unidad de Análisis y sujetos de estudio	53
4.4.1 Población y muestra	53
4.5 Definición de variables y categorías de análisis	55
4.6 Herramientas de recolección de información	57
4.6.1 Descripción de los instrumentos de recolección de información	57
4.6.2 Confiabilidad.....	59
4.6.3 Validez	61
4.7 Procedimiento de análisis de información	67
CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	69
5.1 Consideraciones previas al análisis de resultados	69
5.2 Características del sector de Tecnologías de Información	71
5.3 Dimensiones de madurez digital e implementación tecnológica.....	75
5.4 Estimación del modelo de medición de madurez digital e implementación tecnológica	88
5.4.1 Análisis exploratorio.....	88
5.4.2 Estimación de parámetros y pruebas de hipótesis	89
5.4.3 Verificación de supuestos	91

ÍNDICE DE CONTENIDO

5.4.4 Determinación del modelo (a)	94
5.5 Capacidades tecnológicas y de innovación.....	95
5.5.1 Capacidades tecnológicas	97
5.5.2 Capacidades de innovación	105
5.5.3 Habilidades personales en la industria 4.0 para desarrolladores de software.....	114
5.5.4 Áreas de oportunidad en el desarrollo de capacidades dentro del sector TI en Mérida, Yucatán.	116
5.6 Análisis comparativo de la competitividad en el sector TI.....	119
5.6.1 Jalisco, Nuevo León, Querétaro y Yucatán, un análisis desde los clusters TI y los Centros de Innovación Industrial.	120
5.6.2 Estrategias y proyectos de gestión tecnológica para fortalecer la transición a la industria 4.0	134
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	146
6.1 Conclusiones	146
6.2 Recomendaciones	151
BIBLIOGRAFÍA CITADA	158
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	170
ANEXOS	175

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Definición de Industria 4.0	16
Tabla 2.2 Tecnologías habilitadoras para el sector TI en Yucatán.....	20
Tabla 2.3 Modelos de medición de madurez y preparación de Industria 4.0	27
Tabla 2.4 Lista de verificación para evaluación del grado de preparación para la Industria 4.0	30
Tabla 4.1 Factores e indicadores de la investigación	56
Tabla 4.2 Análisis de confiabilidad para el total de ítems (Dimensiones / Instr. 1)	60
Tabla 4.3 Análisis de confiabilidad para instrumento 2 (Instr. 2)	60
Tabla 4.4 KMO y prueba de Barlett	63
Tabla 4.5 KMO y prueba de Bartlett	64
Tabla 4.6 Objetivos, indicadores y distribución de ítems de instrumentos	68
Tabla 5.1 Relación de empresas y recolección de datos	70
Tabla 5.2 Estimación de parámetros y prueba de hipótesis.....	90
Tabla 5.3 Reajuste del modelo (a) en parámetros y pruebas de hipótesis.....	91
Tabla 5.4 Prueba de normalidad para residuos	92
Tabla 5.5 Prueba de homocedasticidad / modelo (a).....	93
Tabla 5.6 Análisis de multicolinealidad	94
Tabla 5.7 Características de la innovación abierta	119
Tabla 5.8 Clusters en TI, registrados ante CANIETI (2012)	122
Tabla 5.9 Indicador Prosoft 3.0 Aportaciones en millones de pesos (\$) y número de proyectos (núm.)	126
Tabla 5.10 Centros de Innovación Industrial (CII) convocatoria Prosoft (1)	128

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5.11 Centros de Innovación Industrial (CII) convocatoria Prosoft (2)	130
Tabla 5.12 Cuadro comparativo del sector TI en entidades estudiadas	133
Tabla 5.13 Estrategias de gestión tecnológica sobre I4.0	134
Tabla 5.14 Estrategia de gestión tecnológica en el sector TI	139
Tabla 5.15 Niveles y capitales de la política de competitividad sistémica.	144
Tabla 5.16 Objetivos específicos y principales resultados	145

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1 Tamaño de muestra para una población finita	54
Figura 4.2 Matriz de correlación Policórica	62
Figura 4.3 Gráfico de árbol para análisis factorial (Dimensión tecnología (a) vs Estrategia (b)).....	65
Figura 5.1 Gráfico de dispersión para variables: años laborando (Puesto) y años operando (Empresa)	72
Figura 5.2 Gráfico para comparación de respuestas: dimensión productos.....	76
Figura 5.3 Gráfico para comparación de respuestas: dimensión procesos	77
Figura 5.4 Gráfico para comparación de respuestas: dimensión organización ...	79
Figura 5.5 Gráfico para comparación de respuestas: dimensión estrategia.....	80
Figura 5.6 Gráfico para comparación de respuestas: dimensión liderazgo	81
Figura 5.7 Gráfico para comparación de respuestas: dimensión tecnología	82
Figura 5.8 Gráfico para comparación de respuestas: dimensión clientes	84
Figura 5.9 Gráfico para comparación de respuestas: dimensión empleados	85
Figura 5.10 Gráfico para comparación de respuestas: dimensión cultura general	86
Figura 5.11 Gráfica de barras para la evaluación promedio de las 9 dimensiones con ajustes de fiabilidad para n=22.	87
Figura 5.12 Diagrama de dispersión 6 dimensiones	89
Figura 5.13 Gráfico de residuos y normalidad para errores; n=22	92
Figura 5.14 Grado de dominio: Cómputo en la nube	98
Figura 5.15 Grado de dominio: Big Data	100
Figura 5.16 Grado de dominio: Internet of Things (IoT)	102
Figura 5.17 Grado de dominio: Inteligencia Artificial (AI)	104
Figura 5.18 Gráfico de promedios por capacidades tecnológicas	105
Figura 5.19 Gráfico para comparación de respuestas: Producto o servicio	107
Figura 5.20 Gráfico para comparación de respuestas: Procesos.....	108
Figura 5.21 Gráfico para comparación de respuestas: Tecnología	110
Figura 5.22 Gráfico para comparación de respuestas: Gestión	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 5.23 Gráfico de promedios por capacidades de innovación.....	113
Figura 5.24 Gráfica: mapa de calor de las habilidades personales.....	115
Figura 5.25 Listado de Beneficiarios Prosoft 4T-2019/CII.....	130

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

La cuarta revolución industrial ha estado precedida de diversas corrientes tecnológicas que han sido implementadas desde mediados del siglo XVIII y que se transforman constantemente de la mano de innovaciones disruptivas¹. La automatización industrial que una vez estuvo basada sólo en robots industriales, máquinas-herramientas, hardware y software de control y monitoreo; así como avances en ciencia de materiales, se ha combinado con la digitalización de la manufactura acompañada de la impresión 3D, software industrial, eficiencia energética, mantenimiento predictivo y control de calidad basado en visión artificial, entre otras (Macdougall, 2018).

Ante la evidente necesidad de automatizar procesos industriales de manera omnipresente, surge la Industria 4.0 (I4.0), como una alternativa tecnológica para lograr ese objetivo de ubicuidad. Esta revolución industrial desarrolla a un ritmo acelerado -basado en el potencial de programación y procesamiento computacional- tecnologías de última generación, tales como, Inteligencia artificial, *Big Data* e Internet de las cosas. Yang et al. (2018), señalan que la Industria 4.0 apunta a un alto nivel de automatización en procesos industriales mediante la adopción de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), donde los límites entre el entorno virtual y el mundo real se difuminan cada vez más, en lo que se denomina sistemas de producción ciberfísicos (CPPS). La información generada por tal digitalización y adquisición de datos debe ser analizada masivamente y distribuida en tiempo real, surgiendo entonces tecnologías como el cómputo en la nube y protocolos de comunicación inalámbrica que garanticen el flujo de datos, la disponibilidad e integridad de la información y nuestra interacción con esta, a través

¹ Se abordará este término a profundidad en el capítulo de marco teórico. De igual manera, en el apéndice A de este documento se encuentra un glosario de términos con el propósito de consulta.

de la ciberseguridad de los sistemas informáticos. Es así como, desde un abordaje general se configura esta corriente tecnológica llamada Industria 4.0.

Desde la perspectiva industrial, los CPPS se componen de elementos electrónicos y mecánicos conectados a través de sensores en una red que funciona como una plataforma inteligente para el flujo y análisis de datos. Para Yang et al. (2018), los CPPS son clave en el desarrollo de áreas de oportunidad desde la perspectiva de la Industria 4.0, siendo relevantes la "Fábrica inteligente" y "Servicios inteligentes", donde el uso de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) permiten aumentar la eficiencia y la precisión en los procesos de manufactura.

Las tecnologías implícitas en la Industria 4.0 (I4.0) sugieren otras vertientes de usabilidad. Jacquez-Hernández y López (2011) concuerdan en su utilidad en el diseño, manufactura y comercialización de productos y servicios, a través de integrar modelos de negocios que consideren la nueva dinámica entre dichas tecnologías y los empleados, así como entre las empresas, los proveedores y clientes. En este sentido, la transformación más coyuntural se produce por la posibilidad de conectar a través de internet a todos estos actores sociales incluyendo gobiernos. La conectividad empieza a escalar niveles permitiendo la conexión en varios sentidos: máquina-máquina (M2M), máquina-producto, máquina-humano (Basco et al., 2018). Físicamente esta interacción (digitalización), es posible mediante dispositivos inteligentes, sistemas informáticos y plataformas digitales.

Para el contexto alemán, país donde se diseñó y desarrolló la estrategia de digitalización de la producción llamada Industria 4.0, la adaptación de los procesos de producción al incorporar I4.0 requerirá que los fabricantes alemanes inviertan alrededor de 250 mil millones de euros durante los próximos diez años, aproximadamente entre el 1 y el 1,5 % de sus ingresos (Kagermann, Wahlster, 2013; Rießmann et al., 2015). Alemania cuenta con zonas de investigación universitaria en Industria 4.0 y configuraciones empresariales de tipo *clúster*, en Berlín predominan las pymes, mientras que en Stuttgart o Múnich están las grandes empresas (Miguélez,

2017). PricewaterhouseCoopers (2018) prevé que la digitalización y automatización inteligente en la industria de manufactura contribuirá con el 14% del PIB mundial para 2030. Esta estimación es consistente con el mismo estudio de la firma en 2016, donde el sector empresarial global ya realizaba proyecciones de inversión para la Industria 4.0 por \$ 907 mil millones de dólares por año hasta 2020 en productos industriales globales, como software, conectividad de sensores y dispositivos, capacitación de empleados y conducción organizacional hacia el cambio tecnológico (PWC, 2016).

Sin embargo, no basta con la inversión de grandes capitales para hacer transitar a una empresa hacia la Industria 4.0, existen diversos modelos que sirven como guía para la digitalización. Las empresas de las tecnologías de la información y comunicación son punta de lanza en la transición a la Industria 4.0, porque desde su posición como fábricas de software, desarrollan productos y servicios basados en diferentes tipos de tecnologías, para diversas áreas económicas, tales como: el comercio electrónico, la logística de distribución de materias primas, servicios financieros y de telecomunicaciones, entre otros.

En México, se han realizado esfuerzos por agrupar al sector de las tecnologías de la información y comunicación como agente económico integrado geográficamente e interconectado por las distintas empresas que lo conformen, siguiendo la configuración de *clúster*, término acuñado por Porter (1999). Este concepto se refiere al desarrollo económico sectorial del territorio y está íntimamente relacionado con innovaciones en el ámbito empresarial (producto y/o servicio, proceso, comercialización y de carácter organizativo) y al mismo tiempo puede resultar una alternativa de contraste con la noción globalizadora del actual sistema socioeconómico (Becerra & Naranjo, 2008). A este respecto, la nueva revolución industrial, contempla una estructura de extensión empresarial regional y en el contexto europeo una propuesta de revitalización del capitalismo cooperativo (Schroeder, 2015). “La Industria 4.0 creará redes digitales y ecosistemas que en muchos casos abarcan todo el mundo, pero aún conservará distintas huellas regionales” (PwC, 2016, p. 9). Esto

tiene que ver con el grado de transformación digital de las empresas, desde su cartera de productos y servicios, hasta la formación de sus empleados.

En el caso de México, el World Economic Forum (2016), publicó el informe global sobre TIC, se evaluaron a 139 economías, de las cuales, 7 lideran las inversiones en tecnologías de la información y comunicación. Estados Unidos es el único país líder de América ubicado en la posición 5. En Latinoamérica, los países en la mitad superior de la Tabla son: Chile (38), Uruguay (43), Costa Rica (44), Panamá (55) y Colombia (68). México se encuentra en la posición 76, lo cual significa un retroceso al caer 7 posiciones respecto al mismo informe en 2015. En el estudio se evalúan 10 indicadores entre los que destacan: 1) infraestructura TIC, 2) habilidades en uso de TIC, 3) Gobierno y el uso de TIC y 4) impacto de las TIC en la economía.

Para medir el impacto del sector TIC en México, existen múltiples investigaciones que dejan de manifiesto la necesidad de seguir caracterizando a las empresas de software, en su mayoría micro, pequeñas y medianas (MiPymes), a fin de tener una perspectiva clara sobre hacia donde transitar cuando se habla de integrarlas a la Industria 4.0. En su investigación, Micheli y Oliver (2017), utilizando un enfoque estructural y territorial basado en el concepto de clúster industrial tradicional, caracterizaron la dinámica local de la industria del software en tres ciudades de México: Monterrey, Tijuana y Ciudad de México, el objetivo era encontrar diferencias y similitudes en las formas en que las empresas se vinculan con el mercado, al igual que similitudes y diferencias entre las empresas dentro del mismo sector. Los resultados arrojaron que la dinámica de la industria del software recae en los mercados locales de las empresas y está asociada a las aglomeraciones industriales. Sus factores de competencia, mecanismos de financiación públicos y privados, uso de recursos humanos y sistemas de información están asociados con la economía local.

En el ámbito regional, la industria de las tecnologías de la información, se nutre también de otros contextos: la academia, otras áreas económicas, gobiernos locales y políticas públicas a nivel nacional e internacional, sientan las bases para la

planeación a futuro de las MiPymes del sector TIC, las cuales buscan expandir su mercado a medida que se fortalecen. Desde el contexto global, la competitividad que demanda el mercado exige a las empresas dedicadas a la TIC, particularmente las de información (TI) transitar hacia la Industria 4.0. Ganzarain y Errasti (2016), realizaron un programa piloto en un país europeo, sobre la integración de la Industria 4.0 en las organizaciones locales. Los resultados manifestaron que las pequeñas y medianas empresas de esa región no visualizan oportunidades en el uso de nuevas tecnologías y carecen de una metodología para evaluar su nivel de preparación ante la Industria 4.0. En conclusión, la implementación de estas nuevas tecnologías tiene componentes geográficos, de conocimiento y de cultura empresarial muy específicos aun en regiones cercanas al núcleo europeo del desarrollo de la Industria 4.0.

La digitalización como transición por parte de las empresas hacia las tecnologías que enmarca la Industria 4.0, no debe surgir de mecanismos empíricos, producto de mera observación y réplica de lo que otras regiones manifiestan implementar y los beneficios que obtienen del uso de tecnología. Existen metodologías y estrategias que permiten dar contexto y perspectivas de acción sobre las dimensiones y etapas que implica adoptar la Industria 4.0 en diversos sectores empresariales. Jacquez-Hernández et al. (2011) realizaron una revisión bibliográfica extensa de literatura sobre los modelos de evaluación de la madurez y preparación hacia la Industria 4.0, finalmente derivado de un análisis bibliométrico concluyen que estos modelos no son homogéneos, sino que responden a las necesidades cambiantes de sectores como la manufactura, el internet de las cosas, tecnologías de la información, logística, por lo que proponen un arreglo propio con las dimensiones de evaluación basados en la literatura revisada.

Es claro que la transición a la Industria 4.0 tiene vetas regionales y diversas etapas o dimensiones que pueden configurar los modelos de digitalización, por lo que se requieren estudios locales para construir un marco de referencia respecto al sector TIC, particularmente en regiones del país con áreas de oportunidad, como es el caso de Yucatán, México. Este Estado se perfila desde hace una década como un polo de

desarrollo tecnológico en temas de tecnologías de la información y comunicación. Existen las condiciones necesarias y suficientes tanto en el entorno regional como nacional para incrementar el desarrollo del *clúster* de la industria el software en Mérida, Yucatán (Caro y Leyva, 2008). En la actualidad este potencial gira en torno al nivel de madurez de los procesos de desarrollo tecnológico y gestión de las MiPymes del sector TI, así como, sus acciones de capacitación y certificación de talento humano para llevar sus productos a un futuro potencial de ventas en la región y el mercado internacional.

Asimismo, las MiPymes afrontan retos en temas de gestión del conocimiento en la Industria 4.0 que las investigaciones de Peña (2019) asocian de manera estadística e integral con un modelo de cuádruple hélice en Mérida, Yucatán y sus interrelaciones. Por tanto, es preciso continuar la investigación académica en términos de la frontera del conocimiento para poder explicar mediante herramientas científicas el comportamiento de estas empresas de base tecnológica para conocer su posición en una Industria 4.0 globalizada y proponer acciones de mejora y digitalización.

1.2. Planteamiento del problema

La cuarta revolución industrial supone una disrupción tecnológica dirigida a generar una industria inteligente con procesos productivos ciberfísicos basados en flujos de información omnipresentes en cada segmento de la empresa. Derivado de ello, los humanos tienden a la interpretación de información para la toma de decisiones y exploran innovaciones más inmediatas para su aplicación directa en sectores productivos. Esta transformación implica una digitalización tanto para acceder, procesar y visualizar información, como para interactuar con dichos sistemas.

En México, la transformación digital ha tenido avances importantes en infraestructura a fin de brindar conectividad y habilidades digitales en el uso de tecnologías. En el contexto de la micro, pequeña y mediana empresa (MiPymes), el

sector TIC representa un polo importante de crecimiento y generación de nuevas empresas basadas en Investigación, Desarrollo e Innovación. El concepto I4.0 no debe ser ajeno a las MiPymes, las cuales tendrán que adaptarse a esos cambios, implementando mejoras a sus procesos desde la obtención de recursos, su transformación y comercialización. El campo de necesidades es amplio para aquellas empresas que “basadas en capital humano especializado” deciden orientar sus funciones al desarrollo de software.

En el estado de Yucatán, los desafíos para las empresas de software son diversos, desde la gestión estratégica de recursos y capacidades de índole tecnológico implícitas en la Industria 4.0, el mercado y el área geográfica donde se desarrollan, las competencias técnicas con las que cuentan, sus factores competitivos y su entorno local. En este último, recaen aspectos de políticas reguladoras de tales actividades económicas y vinculaciones coyunturales con la academia y la sociedad. Durante la última década, en Mérida, Yucatán se han implementado programas federales para incentivar la creación de empresas en el sector de las tecnologías de la información (TI), obtener capacitación y formación de competencias, recibir consultoría administrativa y financiera, generar planes de negocio a partir de productos mínimos viables (MVP) y tener acceso a capital de inversión.

Estos programas son impulsados desde instancias como la Cámara Nacional de la Industria Electrónica, de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información (CANIETI), el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), la Secretaría de Economía, Instituto Nacional del Emprendedor (INADEM), universidades y centros de investigación. Estas iniciativas han permitido elevar el número de empresas TI en el estado, alguna de las cuales ya son referente nacional en diversos indicadores empresariales tales como: ventas anuales, nivel de especialización y productos posicionados en el mercado. Sin embargo, este sector aún no tiene la relevancia de otros estados como Jalisco, Nuevo León, Ciudad de México y Querétaro.

El sector TI en Mérida, Yucatán tiene la necesidad de contar con un contexto externo similar al de otras ciudades en innovación y desarrollo de tecnologías. Pese a las iniciativas gubernamentales aún hay mucho por hacer en términos de conectividad y apropiación de las TIC, desde la educación a distancia como en la automatización de procesos para diversos servicios como los financieros y empresariales. Mientras tanto, las estrategias internas de las empresas son direccionadas hacia la digitalización de sus propios procesos, tales como la obtención de certificaciones nacionales e internacionales sobre la calidad de sus procesos de desarrollo de software, generación de capacidades técnicas y de conocimiento. Es en ese sentido, es necesario caracterizar al sector TI en Mérida, Yucatán para evaluar el nivel de madurez digital e implementación tecnológica del cual disponen para poder transitar a la Industria 4.0 como un factor competitivo relevante.

Contar con una evaluación del sector TI en Mérida, Yucatán permitirá identificar características tecnológicas y técnicas de las MiPymes ante la intención de digitalizarse en aras de transitar a la Industria 4.0. Asimismo, será posible cuantificar y caracterizar a nuevas empresas de software y conocer sus posibilidades de integración en tecnológicas 4.0 alineadas directamente con el desarrollo de soluciones basadas en software. No comprender el contexto local del sector de las tecnologías de información desde el paradigma de la Industria 4.0, supone un atraso en las acciones y estrategias emprendidas por las MiPymes, sujetas a procesos individuales y sin fundamento teórico, con visiones limitadas de expansión de sus servicios en otros mercados, de los cuales ignoran sus casos de éxito y sus mejores prácticas.

1.2.1. Preguntas de investigación

¿Qué modelo de medición basado en dimensiones de transformación digital, capacidades tecnológicas y de innovación puede identificar el nivel de implementación de la Industria 4.0 que tienen las MiPymes del sector de tecnologías de información en Mérida, Yucatán, cuál es su posición competitiva respecto a otras ciudades en el país desde la perspectiva de la Industria 4.0 y qué estrategias y proyectos de gestión tecnológica permitirían fortalecer la transición hacia la Industria 4.0 desde la digitalización del sector de tecnologías de información en Mérida, Yucatán?

Preguntas específicas

Para responder a esta pregunta se plantean preguntas específicas.

1. ¿Qué dimensiones permitirían medir el nivel de madurez digital e implementación tecnológica en las MiPymes del sector de tecnologías de información en Mérida, Yucatán desde la perspectiva de la Industria 4.0?
2. ¿Cuáles son las capacidades tecnológicas y de innovación que facilitarían la transición a la Industria 4.0 dentro de las MiPymes del sector de tecnologías de información en Mérida, Yucatán?
3. ¿Cuál es la posición competitiva del sector de tecnologías de información en Yucatán respecto a los Estados de Querétaro, Jalisco y Nuevo León desde la perspectiva de la Industria 4.0?
4. ¿Qué estrategias y proyectos de gestión tecnológica deben realizarse para fortalecer la transición a la Industria 4.0 desde la digitalización de las MiPymes de tecnologías de información en Mérida, Yucatán?

1.2.2. Objetivos

Objetivo General

Diseñar un modelo de medición basado en dimensiones de transformación digital, capacidades tecnológicas y de innovación para identificar el nivel de implementación de la Industria 4.0 que tienen las MiPymes del sector de tecnologías de información en Mérida, Yucatán; determinar su posición competitiva respecto a otras ciudades en el país desde la perspectiva de la Industria 4.0 y proponer estrategias y proyectos de gestión tecnológica que permitan fortalecer la transición hacia la Industria 4.0 desde la digitalización del sector de tecnologías de información en Mérida, Yucatán.

Objetivos Específicos

- 1.- Identificar las dimensiones que permitirían medir el nivel de madurez digital e implementación tecnológica en las MiPymes del sector de tecnologías de información en Mérida, Yucatán desde la perspectiva de la Industria 4.0.
- 2.- Identificar las capacidades tecnológicas y de innovación que podrían ser desarrolladas por las MiPymes de tecnologías de información en Mérida, Yucatán para facilitar la transición a la Industria 4.0.
- 3.- Determinar la posición competitiva del sector de tecnologías de información en Yucatán respecto a los Estados de Querétaro, Jalisco y Nuevo León desde la perspectiva de la Industria 4.0
- 4.- Proponer estrategias y proyectos de gestión tecnológica para fortalecer la transición a la Industria 4.0 desde la digitalización de las MiPymes de tecnologías de información en Mérida, Yucatán.

1.3. Justificación

La cuarta revolución industrial parece inevitable y requiere “de quienes la estudian” el planteamiento de propuestas de transformación frente a los múltiples impactos económicos y de generación de valor que implica el avance del cambio tecnológico. En Latinoamérica supone retos importantes, uno de ellos trascurre en las implicaciones laborales que las nuevas tecnologías traen consigo (Basco et al., 2018). La automatización de procesos productivos en la mayoría de las actividades económicas y la integración de robots como sustitutos de mano de obra humana, son aspectos que las empresas observan positivamente en función del costo-beneficio que supone transitar a nuevas tecnologías.

Para lograr conceptualizar a las fábricas como inteligentes, las tecnologías de la Industria 4.0 conllevan una simbiosis total entre software y hardware. Es importante mencionar que allí es donde se vislumbran las oportunidades para que las empresas tomen ventaja competitiva en cada una de las competencias y conocimientos que integran una tecnología dentro de la I4.0. En el caso del software o el sector de tecnologías de información (TI) se posibilita la creación de nuevas MiPymes y la digitalización de algunas otras con perspectiva de Industria 4.0.

Desde el contexto internacional de la Industria 4.0, Macdougall (2018) menciona que hasta 2020, Alemania invertirá hasta 1,000 millones de euros en proyectos de investigación para integrar la Industria 4.0 en el lugar de trabajo. Esto se alinea al programa *Horizon 2020*, implementado por la unión europea para la investigación e innovación durante el periodo 2014 - 2020. En México, la implementación de la Industria 4.0 desde la base conceptual alemana de fábrica inteligente, está sustentada en cadenas productivas estatales muy específicas como la industria aeroespacial y automotriz, que incorporan innovaciones tecnológicas derivadas de nuevas investigaciones. Sin embargo, la industria de software ya realiza desarrollos enfocados a brindar servicios específicos para diversas

empresas entre las que destacan: las de telecomunicaciones, servicios financieros, restaurantera, comercio electrónico, entre otras.

Analizar el nivel de digitalización de las MiPymes del sector TI en Mérida, Yucatán permitirá identificar las capacidades técnicas y tecnológicas que están disponibles a fin de determinar la pertinencia para desarrollar tecnologías 4.0 más específicas como: la inteligencia artificial, el Big Data, el Internet de las cosas y el cómputo en la nube. El sector TI en Yucatán debe tener clara su posición respecto a la implementación de la Industria 4.0 a nivel nacional. Contar con indicadores al respecto, permitirá reenfocar acciones y estrategias en las empresas sobre sus procesos de digitalización y competencias técnicas.

La investigación permitirá a las MiPymes de tecnologías de información, identificar el contexto estatal en el tema de digitalización y la transición a la Industria 4.0. Asimismo, mediante la evaluación metodológica conocer su nivel de madurez digital e implementación tecnológica en dimensiones de avance específicas. Basado en estos resultados las MiPymes del sector TI en Mérida, Yucatán podrán tomar acciones para incorporar procesos en pro de la innovación y la gestión tecnológica.

Como parte de los beneficios de la investigación, el caracterizar capacidades específicas relacionadas con la digitalización industrial en las MiPymes del sector de tecnologías de información en Mérida, Yucatán permitirá diseñar acciones y estrategias para fortalecer la transición a la Industria 4.0 e identificar nuevas empresas con potencial para transitar a la digitalización con enfoque en la Industria 4.0, desde nuevos modelos de negocio y mediante la adopción y desarrollo de nuevas tecnologías. En la relevancia social, el estudio aporta un análisis de las competencias técnicas y tecnológicas, que son requeridas por las MiPymes del sector desde la perspectiva de la Industria 4.0, lo que abona de manera indirecta a investigaciones con enfoque académico-industrial, con la posibilidad de correlacionar aspectos de gestión y absorción del conocimiento científico y tecnológico en Yucatán.

1.4. Delimitaciones y limitaciones

Delimitaciones:

El proyecto de investigación se desarrolla en el municipio de Mérida, estado de Yucatán. Se implementó en el periodo de agosto 2019 a agosto de 2021. En esta investigación se incluye únicamente a las MiPymes de tecnologías de información, las empresas de telecomunicaciones quedan fuera del objetivo de estudio por no convenir a los intereses del proyecto.

Limitaciones:

Dentro de las limitantes del proyecto se presentó la falta de disponibilidad de las MiPymes de tecnologías de la información para responder el instrumento de recolección de datos, el principal motivo fue la pandemia por COVID-19, la cual, modificó las dinámicas laborales de las empresas del sector y obligó a la generación de cambios administrativos con fines de liquidez económica. Ello provocó que ninguna de las empresas que colaboraron en el presente estudio mantuvo actividades presenciales, por lo que contactarlas fue complicado y requirió la inversión de tiempo y recursos adicionales a los considerados previamente.

1.5. Contenido de los capítulos

A continuación, se describen cada uno de los capítulos que se abordan en esta investigación. En el capítulo II. Marco teórico se presenta el conjunto de ideas, reglas, principios e hipótesis comprobadas que fungen como conceptos fundamentales de este estudio con el fin de comprender y sustentar la temática. Asimismo, se presenta el capítulo III. Marco contextual en el que se integran elementos del entorno inmediato para el estudio, es decir, desde el punto de vista geográfico y conceptual que involucran al problema, principalmente en las circunstancias que afectan a la unidad de análisis o sujeto de estudio.

Por su parte, el capítulo IV. Metodología se explica con precisión el enfoque de la investigación, su alcance, el diseño, la definición de variables o categorías de análisis, la población y muestra, la descripción de las herramientas de recolección de información y los procedimientos de análisis de la información. En el capítulo V. Análisis y discusión de resultados, se expone de forma sistemática, lo encontrado en la investigación de campo y su análisis, haciendo referencia a los conceptos expuestos en el marco teórico y el marco contextual, con base en los objetivos establecidos en el estudio.

Finalmente, en el capítulo VI. Conclusiones y recomendaciones se mencionan las inferencias y propuestas derivadas de los resultados expuestos en el capítulo V.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Industria 4.0

El término Industria 4.0 se mencionó por primera vez en la *Hannover Fair* en 2011 y fue anunciado oficialmente en 2013 como una estrategia de política económica alemana, basada en alta tecnología para el sector manufacturero (Roblek, Meško, & Krapež, 2016). Dichas tecnologías y sus respectivos marcos conceptuales estaban orientados a sistemas ciberfísicos, el internet de las cosas (IoT) aplicado a la manufactura y el internet de los servicios (Tao et al., 2014). El concepto de *Smart Factory* se configuraba a través del internet, posibilitando el intercambio de datos e información en diversos procesos productivos, los cuales se realizaban entre humanos (C2C), humanos y máquinas (C2M) y entre máquinas (M2M). Alrededor de estos conceptos se construyó una gestión del conocimiento en la Industria 4.0 que sigue alimentándose de innovaciones disruptivas constantes y otras corrientes como la economía circular aplicada a procesos productivos (Yang et al., 2018).

Tomar ventaja de la “*Plattform Industrie 4.0*”, implica una competencia vertiginosa entre Alemania, Asia y Estados Unidos de América a través de potencializar el uso de internet en procesos industriales automatizados, análisis de datos y su visualización, y el desarrollo de hardware vinculado a necesidades específicas de software en la industria. Esta plataforma tecnológica está asociada con la economía digital, mediante la aplicación de tecnologías en procesos de fabricación para aumentar la productividad, la conectividad a internet para posibilitar la digitalización de la producción y la adopción de una logística inteligente enfocada en el consumidor, convirtiéndose en un proyecto a futuro para las economías que la adopten (Schmidt, 2014). Con tal contexto, en la Tabla 2.1 se describen las principales definiciones de Industria 4.0 desde el enfoque de las tecnologías de la información y comunicación (TIC).

Tabla 2.1
Definición de Industria 4.0

Definición	Autor
La Industria 4.0 es un conjunto de nuevas tecnologías y formas de aplicación, con diferentes grados de madurez técnica y efectos sistémicos que provocan una adaptación incremental de los diversos sistemas de trabajo.	(Pfeiffer, 2015)
Se define a la Industria 4.0 como la transformación digital en todas las áreas de los procesos industriales y de producción que origina un nuevo cambio de paradigma en los sistemas de producción.	(Schröder, 2016)
La Industria 4.0 o "Internet Industrial" se ha definido como una etapa de desarrollo adicional en la organización y la gestión de la cadena de valor en la fabricación industrial, a través de la transformación digital de los procesos industriales mediante tecnologías de la información (TI).	(Deloitte, 2015)
El término "Industria 4.0" fue acuñado para dar cuenta de la integración y adaptación generalizadas de las TIC en las industrias manufactureras.	(Schuh et al., 2017)

Fuente: Elaboración propia

La cuarta revolución industrial está siendo marcada por una computación ubicua e imperceptible en su interacción con los seres humanos, que se ha vuelto realidad con el Internet de las cosas (IoT) y dispositivos móviles conectados a internet (Weiser, 1991), permitiendo una automatización industrial completa, la digitalización de procesos, y el uso de la electrónica y las tecnologías de la información (TI) en la fabricación de productos y servicios en un entorno privado (Roblek et al., 2016). La Industria 4.0 está modificando significativamente a pequeñas y medianas empresas a través del desarrollo de tecnologías como la manufactura aditiva, plataformas de comercio electrónico y Big data, aplicados al consumo de productos y servicios (Sommer, 2015).

Yin, Stecke y Li, (2018) en su estudio sobre la evolución de los sistemas de producción desde la industria 2.0 a la 4.0, pasando por el Sistema de Producción de

Toyota (TPS) hasta los Sistemas de Manufactura Flexible (FMS), describen la transición de los diferentes procesos de innovación y desarrollo tecnológico implícitos en las empresas y la relación de dos factores clave para que esos cambios se produjeran: el suministro de productos y la demanda de clientes. La necesidad de interconexión entre proveedores y clientes siempre estuvo relacionada con dispositivos que pudieran ser capaces de comunicarse y dotar de información relacionada con el sistema de producción, distribución y consumo de productos y servicios. Actualmente se requiere controlar variables del producto, tales como variedad, tiempo y volumen para generar modelos de negocios adaptables a entornos digitales de consumo y de diferenciación entre competidores.

La Industria 4.0 trae consigo muchos retos, si bien el concepto nació en un contexto industrial fortalecido por empresas bien posicionadas, las pequeñas y medianas empresas que ofrecen productos y servicios pueden obtener ventajas competitivas de esta disrupción tecnológica. La Industria 4.0 está en un proceso de estandarización a nivel mundial, sin embargo, día con día se resuelven retos técnicos relacionados con el manejo de datos a través de *Big data* y *cloud computing* y nuevos protocolos de comunicación para IoT, con el objetivo de mejorar la eficiencia y tomar ventaja competitiva (Li Da, Xu, & Ling, 2018). En su estudio sobre pequeñas y medianas empresa en Alemania y su adaptación a la Industria 4.0 desde procesos de conciencia tecnológica, Sommer (2015) menciona la importancia de fortalecer la transición de estas empresas a la Industria 4.0, ya que en términos económicos existe una correlación entre estas y empresa grandes, en número de empleados e ingresos anuales.

2.1.1. Tecnologías de la I4.0

La Industria 4.0 está fundamentada en una evolución de los sistemas embebidos basados en computadoras programables, principalmente microcontroladores y microprocesadores con diversos propósitos de control de entradas y salidas en un sistema muchas veces automático (Wolf, 2008). Derivado

de esa tecnología surgen los sistemas ciberfísicos (CPS), los cuales son básicamente sistemas embebidos dentro de un hardware con propósito específico, en el sector industrial este diseño tiene que ver con el control de procesos productivos mediante el uso de sensores y actuadores.

La disrupción tecnológica de la Industria 4.0 radica en conectar estos sistemas a una red de comunicación, no sólo entre los dispositivos que los constituyen en un entorno industrial (local), sino a través de internet y otras tecnológicas de comunicación inalámbrica como la radiofrecuencia (RFID) (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013). Esta idea da paso a conceptos más complejos como el Internet de las cosas (IoT) y el Internet de los servicios, los cuales se integran a la cotidianeidad de los dispositivos que utilizamos fuera de la lógica del sistema industrial y que de manera ubicua interactúan con los seres humanos generando grandes flujos de datos mediante plataformas digitales (GTAI, 2013).

Los CPS son la base del paradigma de la Industria 4.0, al establecer comunicación entre los dispositivos que los conforman se vuelven más inteligentes debido al incremento en la capacidad de almacenamiento y procesamiento computacional implícito en el hardware, *firmware* y software que los integra, pero que al mismo tiempo los hace vulnerables a ciberataques sobre los sistemas de información que los interconecta (Casalet, 2018; Ervural & Ervural, 2018; Walso et al., 2017). En ese contexto se desarrolla el concepto de fabricación inteligente, basado en el paradigma tecnológico del Internet Industrial de las cosas (IIoT) aplicado al control de procesos en tiempo real mediante máquinas y dispositivos de la producción conectados a internet, donde son compartidos datos e información sobre el desempeño de un sistema industrial (Gilchrist, 2016).

Los alcances de la revolución industrial 4.0 continúan expandiéndose, dentro del concepto de fábrica inteligente, se encuentran una serie de componentes ligados a un metabolismo industrial integrado por complejos procesos físicos que convierten flujos de materiales y energía en productos y desperdicios, y que a su vez estabilizan

el sistema económico a través del consumo (Ayres, 1998). Es así como, en torno al paradigma Industria 4.0, se agregan conceptos como: productos, ciudades, logística y movilidad inteligentes o interconectados por CPS y alimentados con datos. Para lograr la integración de estos flujos de información los sistemas ciberfísicos requieren de mejoras en dos aspectos mencionados por Kagermann, Wahlster y Helbig (2013) primero se requiere que los CPS tengan una integración horizontal, donde los materiales y los recursos estén integrados en los procesos de manufactura y planes de negocio de las empresas. En segundo término, está la integración vertical, la cual se basa en jerarquizar todas las acciones de manufactura para ofrecer una solución de extremo a extremo (*end to end*).

En la actualidad, las tendencias tecnológicas de la Industria 4.0 van más allá de mejorar productividad de los sistemas industriales, existen nuevas tecnologías que se asocian al concepto *Smart Factories*. Estas tecnologías son principalmente las de información y comunicación, las cuales buscan innovar en el desarrollo de sistemas de producción autónomos, interconectados y modulares, con la capacidad de autoaprendizaje, es decir CPS que se programen, organicen y adapten por sí solos a nuevos requerimientos de optimización. En su reporte sobre temas clave de la Industria 4.0, ACATECH (2019) explora las nuevas tendencias del paradigma, concluyendo que la Inteligencia artificial y su aplicación para la autonomía de los sistemas de producción ciberfísicos será relevante en la optimización de la eficiencia energética. De igual manera, innovar en sistemas de actuador-sensor aplicables a la industria con atributos de modularidad, bajo consumo energético y conectividad mediante Internet Industrial de las cosas (IIoT) para adquirir y transmitir datos. Finalmente, estas tecnologías se encuentran enlazadas con otras, tales como: la conectividad 5G, la manufactura aditiva, el computó en la nube (*Cloud computing*), el *Big data* y la robótica basada en aprendizaje automático (*machine learning*) (Blanco, Fontodrona, & Poveda, 2017; Li Da, Xu & Ling, 2018).

Para fines de la investigación sobre el sector de tecnologías de la información conformado por las MiPymes de software en Yucatán y basado en estudios

empíricos previos que reflejan áreas de oportunidad en el desarrollo de tecnologías desde la perspectiva de la Industria 4.0. La Tabla 2.2 refleja la intención de esta investigación en delimitar aquellas tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0 para MiPymes de software que son de interés empresarial a corto y mediano plazo para ser desarrolladas por tales compañías.

Tabla 2.2
Tecnologías habilitadoras para el sector TI en Yucatán

Tecnología	Definición
Big data	Conjuntos de datos cuyo tamaño va más allá de la capacidad de captura, almacenado, gestión y análisis de las herramientas de base de datos (Manyika et al., 2011).
	Para Gartner (2012) activos de información caracterizados por su volumen elevado, velocidad elevada y alta variedad, que demandan soluciones innovadoras y eficientes de procesamiento para la mejora del conocimiento y la toma de decisiones en las organizaciones.
Inteligencia Artificial	McCarthy (1960) define el término Inteligencia artificial como la ciencia y la ingeniería de elaborar máquinas inteligentes, especialmente programas inteligentes.
	Para Barr, Feigenbaum, & Cohen (1981) es una parte de la informática relacionada con el diseño de sistemas computacionales que exhiban características que normalmente asociamos con la inteligencia de la conducta humana.
Internet de las cosas	La ITU (2005) declaró al IoT como la Infraestructura global para la sociedad de la información, que permite que los servicios de interconexión (física y virtual), cosas u objetos existentes y en evolución coexistan en un medio (Internet).
	Según Chen, Xu, Liu, Hu, & Wang (2014) se trata de una red inteligente que permite el intercambio de información y comunicación entre dispositivos inteligentes.
Cloud computing	La computación en la nube es la entrega de diferentes servicios a través de Internet. Estos recursos incluyen herramientas y aplicaciones como almacenamiento de datos, servidores, bases de datos, redes y software (Mell & Grance, 2009).
	Según la octava acepción del Diccionario de la RAE (2020), la nube es un espacio de almacenamiento y procesamiento de datos y archivos ubicado en internet, al que puede acceder el usuario desde cualquier dispositivo. De hecho, la consultora Gartner, define la computación en la nube como un estilo de computación en el que capacidades de tecnologías de la información escalables y elásticas son entregadas en forma de servicio utilizando tecnologías de Internet (Gartner, 2017, 2021).

Fuente: Elaboración propia

2.1.2. Estudios empíricos de la implementación I4.0 en México

El sector aeroespacial en México manifiesta avances en la implementación de la Industria 4.0. En el estado de Querétaro, empresas de base tecnológica agrupadas en un *Aeroclúster* se encuentran desarrollando estrategias corporativas de transformación digital o industrial 4.0 en el sector (Contreras, 2017). En coordinación con Instituciones de Educación Superior y Centros de Investigación se realizan actividades de divulgación científica y tecnológica en temas de manufactura 4.0, donde se presentan iniciativas e innovaciones, principalmente basadas en el internet industrial de las cosas (IIoT) y el *Big data*, para su aplicación en la instrumentación y monitoreo, en línea y en tiempo real, de la funcionalidad de partes, equipos e instrumentos aeronáuticos (Valencia, 2017b). Según INEGI (2018) las remuneraciones en la fabricación de equipo aeroespacial muestran una tendencia creciente respecto a otras industrias manufactureras.

La Industria 4.0 ya es citada en las investigaciones en el sector aeronáutico en México, la investigación de Vázquez Ruiz y Bocanegra (2018) demuestra que en la dinámica de las empresas globalizadas con innovaciones tecnológicas constantes, es casi imposible no perfilar los retos de implementación y capacitación implícitas en la convergencia entre industria y alta tecnología. Ellos concluyen que el Internet de las cosas (IoT) y la manufactura aditiva son los hitos tecnológicos en el sector aeroespacial y aeronáutico dentro de la Industria 4.0 para los estados del país con más desarrollo como son: Baja California, Sonora, Chihuahua, Querétaro y Nuevo León. Por su parte Sibaja (2018) documenta la importancia de las telecomunicaciones y la automatización en la industria aeronáutica. Asimismo, describe cómo empresas transnacionales tales como SAFRAN SYSTEM y ALTRAN con operaciones en México, ya implementan tecnologías asociadas a la Industria 4.0 en los procesos de fabricación de sistemas de frenado eléctrico. Desde la perspectiva de estas empresas se esperan avances en conectividad y operatividad autónoma de CPPS, junto con la robotización de procesos productivos.

La industria automotriz, al igual que la aeroespacial, es una de las más dinámicas y competitivas en México. El sector aporta más del 3% del PIB nacional y 18% del PIB manufacturero, genera divisas por más de 52,000 millones de dólares al año y es responsable de 900 000 empleos directos en todo el país. De acuerdo con estimaciones del INEGI, las remuneraciones de la industria automotriz tanto en el área de autos terminados como de autopartes en México son, en promedio, superiores a las del resto de la industria manufacturera (AMIA, 2015; INEGI, 2018b).

La importancia del sector automotriz en México se refleja en sus agrupaciones empresariales estatales de tipo clúster integradas por un fuerte componente de investigación, desarrollo e innovación, de la mano de Centros de Investigación, Institutos de Educación Superior y Laboratorios de Desarrollo Tecnológico bajo el financiamiento de empresas del sector (Casalet, 2018). En el sector automotriz la Industria 4.0 tiene un nicho natural de inserción, los sistemas de producción ciberfísicos (CPPS) aplicados a la automatización de procesos se implementan en las líneas de producción y en los procesos de manufactura industrial. De tal manera, que el uso de sensores inteligentes interconectados (IIoT), *Big data* y robots industriales son tecnologías de primer eslabón en la cadena productiva para el sector en la actualidad. Todas ellas funcionan bajo el concepto de la empresa conectada y generar una convergencia entre el mundo de tecnologías de operación (TO) y tecnologías de la información (TI), con el objetivo de lograr flexibilidad de productos y optimizar tiempos, reducir costos de operación y visualizar mejoras en la utilización de insumos y productos semiterminados que aportan a cadenas globales de valor para obtener un producto final (Basco et al., 2018).

Como referencia de la implementación de la Industria 4.0 en México. El estado de Nuevo León es pionero en el tema, estadísticamente aporta el 20 por ciento del PIB manufacturero del país en este sector. Nava et al. (2019) analiza el estado actual y futuro de las empresas proveedoras Tier 2, las cuales manufacturan equipos o productos utilizados en sistemas especializados de la industria

automotriz. Estas empresas pertenecientes al Clúster Automotriz de Nuevo León ya incorporan en sus procesos productivos los avances tecnológicos de la Industria 4.0, principalmente Internet de las cosas (IoT). Entre las conclusiones se describe la lenta incorporación de empresas proveedoras Tier 2 a los avances tecnológicos y se comprobó el desconocimiento del nivel tecnológico en la Industria 4.0 que tienen estas empresas.

Con el crecimiento de industrias de alta tecnología como la aeroespacial y automotriz en México, las aplicaciones posibles con la implementación de la Industria 4.0 son amplias. El mapa de ruta a 2025 para el desarrollo e integración de estas tecnologías, considera la explotación de sistemas de conexión entre máquinas y personas para impulsar el desarrollo de la manufactura avanzada. Al incorporar tecnologías M2M se podrá mantener la competitividad de producción en México, por lo que será indispensable la adopción de IoT y el manejo de Big data en las empresas productoras de automóviles, así como en aquellas fabricantes de equipos y partes para aeronaves (PROMEXICO, 2014).

2.2. Procesos de transformación digital

Es evidente la importancia de la Industria 4.0 desde la óptica de la competencia global, las condiciones especiales en naciones industriales como Alemania son contrastantes con otros países industrializados (PWC, 2016). Ello sugiere identificar como pequeñas y medianas empresas pueden formar parte de esta revolución tecnológica y que características deben tener para participar. Sommer (2015) evaluó el nivel de preparación de las empresas alemanas para adaptarse a la Industria 4.0 y el impacto que esto tendrá en las empresas desde el contexto social y la estructura empresarial de Alemania. En su estudio se expresan algunas prácticas que sugieren desafíos de implementación, tales como la seguridad de datos, aumentar el nivel de madurez tecnológica desde la perspectiva I4.0, incorporar una visión a futuro para vislumbrar beneficios en la I4.0 y generar nuevos modelos de negocio e inversiones.

Asimismo, recuperar y fortalecer el vínculo entre la empresa y la academia desde programas de capacitación y formación en Industria 4.0.

Los procesos de digitalización en las empresas requieren sustituir sistemas informáticos fragmentados, maquinaria obsoleta y un alto nivel de trabajo manual que encarecen innecesariamente la cadena de valor de un bien o un producto. En ese sentido, las inversiones son necesarias para la implementación de tecnologías modernas de información y comunicación, así como maquinaria compatible con CPS, lo que debería resultar en una transformación digital de las operaciones comerciales de una compañía. Sin embargo, en las pequeñas y medianas empresas existe incertidumbre sobre la Industria 4.0 y su percepción de alta complejidad, la falta de mapas de ruta y orientación son obstáculos para el desarrollo de las visiones y conceptos en la perspectiva 4.0 (Erol et al., 2016).

La visión de la Industria 4.0 implica un nuevo nivel de interacción socio-técnica entre empleados y nuevas tecnologías, las cuales tienden a articularse en redes descentralizadas que actúan de manera autónoma y son capaces de controlarse a sí mismas en respuesta a diferentes situaciones. Las fábricas inteligentes, estarán integradas en una red de valor intercompañía, que generarán productos personalizables, identificables y localizables en todo momento durante el proceso de fabricación. A nivel de los empleados, la Industria 4.0 podrá controlar, regular y configurar redes inteligentes de recursos de fabricación y pasos de fabricación. Las tareas rutinarias son asumidas por las máquinas, para que los empleados puedan concentrarse en actividades creativas de valor añadido (Erol et al., 2016; GTAI, 2013).

Desde la naturaleza de las tecnologías de la Industria 4.0, se han desarrollado un conjunto de estándares, marcos de mejores prácticas, modelos de gestión y herramientas que pueden ser empleadas en la definición de una metodología general que describa el proceso de transformación digital de la Industria 4.0. Las empresas que pretendan comenzar un proceso de transformación

digital en la Industria 4.0 deben identificar y analizar los procesos que soportan sus operaciones y los objetivos de negocio de la organización, pues el proceso de transformación digital deberá alinearse con ellos (Colli et al., 2018). Por tanto, es preciso que la empresa disponga de un sistema de gestión de procesos, así como de un modelo que permita medir el nivel de madurez de los procesos de negocio, considerando la calidad y los sistemas de gestión de calidad como puntos clave, previo a iniciar un proceso de digitalización.

Las tecnologías de la información y comunicación son fundamentales en la Industria 4.0. Para las MiPymes en México dedicadas a este sector, es importante cubrir dentro de la preparación para su transición digital dos modelos de referencia de procesos, relacionados con el desarrollo de software, el Modelo de Madurez de Capacidades (CMMI) y el Modelo de Referencia de Procesos (MoProSoft).

La Integración del modelo de madurez de capacidades (CMMI) es un conjunto comprobado de mejores prácticas globales organizadas por capacidades empresariales críticas que impulsan el rendimiento de una organización con un enfoque de mejora de procesos. Mide la madurez del desarrollo del software en una escala del 1 al 5. Actualmente cuenta con su versión CMMI V2.0, algunas capacidades de su interés son: productos de ingeniería y desarrollo, mejorar el desempeño, servicios de entrega y gestión, planificación y gestión del trabajo, selección y gestión de proveedores y aseguramiento de la calidad (CMMI Institute, 2019).

El Modelo de Referencia de Procesos (MoProSoft), está conformado por un conjunto de buenas prácticas y procesos de gestión en ingeniería de software. Contribuye a que las organizaciones dedicadas al desarrollo y mantenimiento de software mejoren su forma de trabajar, de gestionar sus proyectos y por consiguiente incrementar sus niveles de capacidad y competitividad nacional e internacional. Para las empresas de TIC en México, la norma mexicana NMX-I-059/02-NYCE-2016 (MoProSoft), conlleva beneficios que radican en elevar la

capacidad de las organizaciones para ofrecer servicios con calidad y alcanzar niveles internacionales de competitividad, reconocer a las organizaciones mexicanas por su nivel de madurez de procesos, obtener acceso a las prácticas de ingeniería de software de clase mundial y pertenecer a la Lista Nacional de Empresas Dictaminadas, que sirve como una referencia oficial para clientes, autoridades y competidores (NYCE, 2016).

2.2.1. Modelos de madurez de la Industria 4.0

El concepto de Industria 4.0, plantea definir una metodología que pueda servir de referencia a las organizaciones y empresas para guiarlas en un proceso eficiente de transformación y madurez digital, basado en los principales estándares, mejores prácticas y referencias de la industria. Para el proceso de digitalización industrial es necesario definir el concepto de madurez. Como adjetivo, el término madurez normalmente se refiere a estar en un estado completo, perfecto o listo, también puede implicar un progreso en el desarrollo de un sistema (Schumacher et al., 2016). En consecuencia, los sistemas de maduración (por ejemplo, biológicos, organizativos o tecnológicos) aumentan sus capacidades con el tiempo con respecto al logro de algún estado futuro deseable.

Los modelos de madurez asisten a las empresas a identificar maneras de reducir costos, tiempos de comercialización y mejorar la calidad, a fin de traducirlo en una ventaja competitiva. Para la medición de la madurez existen tres tipos de modelos de acuerdo con su propósito: descriptivo, prescriptivo y comparativo (Klötzer & Pflaum, 2017). Aunque parecen tres modelos distintos, son fases evolutivas del ciclo de vida de un modelo. Considerados como sinónimos están los modelos de preparación que permiten capturar el punto de partida y la iniciación del proceso de desarrollo.

La diferencia entre la preparación y la madurez radica en que la evaluación de la primera es previa a iniciar el proceso de maduración, mientras que la

evaluación de la segunda se hace para obtener un estado instantáneo o estatus durante ese mismo proceso (Schumacher et al., 2016). Después de una revisión bibliográfica extensa de diversos modelos de evaluación de madurez y preparación hacia la Industria 4.0 Jacquez-Hernández et al. (2011) concluyen que madurez puede definirse como el grado de preparación o implementación de elementos de Industria 4.0 en un momento dado con respecto a una lista completa de dimensiones o etapas en la Industria 4.0.

En la Tabla 2.3 se muestran los diversos modelos de medición de madurez, preparación e implementación de Industria 4.0 revisados por Jacquez-Hernández et al. (2011), se observa que la mayoría de los modelos no están orientados a un sector tecnológico o industrial en específico. Asimismo, se puede comprobar que existe un consenso entre los investigadores sobre organizar los modelos en dimensiones y etapas, en función de su nivel de implementación.

Tabla 2.3

Modelos de medición de madurez y preparación de Industria 4.0

Estudio	Tipo	Dimensiones	Niveles	Específico u orientado a	Revisión de modelos previos
De Carolis <i>et al.</i>	Madurez	Si	Si	Empresas de manufactura	No
Gökalp <i>et al.</i>	Madurez	Si	Si	No	Siete
Gracel & Lebkowsky	Madurez	Si	Si	Tecnologías de manufactura	Diez
Jæger & Halse	Madurez	Si	Si	IoT	No
Kermer-Meyer	Madurez	Si	Si	No	No
Klötzer & Pflaum	Madurez	Si	Si	No	No
Kopp & Basl	Preparación	Si	Si	No	No
Rojko	Preparación	Si	Si	No	No
Reder & Klünder	Madurez	Si	Si	Redes de cadenas de suministros	No
Erol <i>et al.</i>	Transformación	Si	No	No	No
Ganzarain & Errasti	Madurez	Si	Si	PyME	No
Leyh <i>et al.</i>	Madurez	Si	Si	Tecnologías de Información	No
Pérez-Lara et al.	Madurez	Si	Si	Aplicado a modelo de negocios	No
Schagerl, M.	Madurez	Si	Si	No	No
Schumacher <i>et al.</i>	Madurez	Si	Si	Empresas de manufactura	Cinco
Soldatos <i>et al.</i>	Preparación	Si	No	Aplicado a IoT	No

Fuente: Jacquez-Hernández et al. (2011)

Para fines de esta investigación se utilizaron como referencia los estudios de Jacquez-Hernández et al. (2011) para determinar qué estudios sobre los modelos de medición de madurez influenciarán el desarrollo del modelo planteado en este trabajo, el cual considera un arreglo de dimensiones para medir el nivel de madurez digital e implementación tecnológica para la industria de software en Mérida, Yucatán desde la perspectiva de la Industria 4.0.

A fin de evaluar el nivel de madurez desde la Industria 4.0, surgieron diversos modelos entre los cuales destacaba el Modelo de Madurez Industria 4.0 (IMPULS *Industry 4.0 Readiness*). El modelo fue elaborado en 2015 por la Fundación IMPULS de la Federación de Ingeniería de Alemania (VDMA), y dirigido por IW Consult y el Instituto de Gestión Industrial (FIR). IMPULS es un modelo de orientación tecnológica dividido en 6 dimensiones: 1) estrategia y organización; 2) fábrica inteligente; 3) operaciones inteligentes; 4) productos inteligentes; 5) servicios basados en datos y 6) empleados. IMPULS contempla 18 elementos para indicar el grado de madurez en 6 niveles (Nuroğlu, 2018).

En un esfuerzo por esclarecer algunos supuestos planteados, tales como: las empresas perciben los conceptos de Industria 4.0 como altamente complejos, las empresas carecen de una idea clara de la Industria 4.0 y las empresas no evalúan sus propias capacidades en la Industria 4.0, Schumacher et al., (2016) desarrollaron un modelo de madurez para evaluar la preparación de la Industria 4.0 y la madurez de las empresas manufactureras, para lo cual determinaron 62 temas relacionados con la madurez agrupados en 9 dimensiones: estrategia, liderazgo, clientes, productos, operaciones, cultura, empleados, gobierno y tecnología. Al igual que el modelo IMPULS, el modelo considera la escala de Likert para agrupar los resultados en 5 niveles. Derivado del estudio se concluyó que el modelo de madurez puede ubicar nivel de implementación sobre las capacidades de las empresas de manufactura con respecto a la Industria 4.0 y mediante los resultados asesorar la construcción de un mapa de ruta para la generación de estrategias y planes de acción respectivos.

Si bien era relevante poder realizar mediciones a través de modelos estadísticos para posicionar a las empresas en el paradigma de la Industria 4.0. También era preciso ubicar el contexto en un entorno más general. Erol et al. (2016) determinaron un modelo de 3 etapas para preparar a las empresas dentro de la Industria 4.0. El modelo iniciaba con la etapa de visualización donde era necesario crear un entendimiento común respecto a la I4.0 a fin de que las empresas vislumbren a grupos de interés y nuevos mercados derivados de incorporar nuevas tecnologías. Posteriormente, estaba la etapa de habilitación, en la cual se desarrolla un mapa de ruta estratégico sobre Industria 4.0, identificando factores externos como internos que pudieran ser claves en el éxito de la empresa. Finalmente, viene una etapa de promulgación, donde se analizaba el nivel de preparación de la empresa para la transformación que requería la Industria 4.0 y se formulaban proyectos en función de las tecnologías implicadas. Este estudio sirvió como marco guía para la transformación sistemática de la visión y estrategia de una empresa hacia la preparación de la Industria 4.0 y la generación de nuevas investigaciones (Ganzarain & Errasti, 2016).

Recientemente, el evaluar el nivel de implementación de la Industria 4.0 en las empresas es un factor clave para generar estrategias efectivas de transición digital en procesos productivos. La creciente digitalización de los negocios y la sociedad conduce a cambios drásticos dentro de las empresas. Uno de estos cambios representa el complejo campo de la Industria 4.0 especialmente la clasificación de la infraestructura de TI de una compañía en términos de los requisitos de la Industria 4.0. El modelo de madurez SIMMI 4.0 (*System Integration Maturity Model Industry 4.0*), proporciona un conjunto de herramientas para que las empresas evalúen el panorama actual de su sistema de TI. En su estudio Leyh, Schäffer, Bley y Bay (2017) presentaron la aplicación de SIMMI 4.0 a través de cuestionarios que evaluaban el desarrollo de diversos procesos en 5 etapas y 4 dimensiones en empresas seleccionadas como prueba piloto, las cuales ya presentaban un nivel alto de digitalización.

La innovación del modelo SIMMI 4.0 radica en considerar una configuración de integración vertical, horizontal y transversal de los procesos de la empresa con diversas etapas de digitalización, una visión muy relacionada con las nuevas tendencias de interacción de los sistemas de producción ciberfísicos basados en la conectividad total de los CPPS. Como conclusión, es posible determinar que los modelos de madurez en la actualidad requieren seguir implementándose tanto en empresas altamente incorporadas a la I4.0 como en empresas incipientes en dicha transformación digital; de igual manera, los modelos siguen agrupando dimensiones y etapas en función de los contextos locales y regionales de las empresas, a fin de explicar aspectos estructurales y organizacionales de las mismas (Leyh et al., 2017).

En ese sentido, con el objetivo de identificar y pretender homologar las dimensiones presentadas en diversos modelos de madurez de la Industria 4.0, Jacquez-Hernández et al. (2011) diseñaron una propuesta preliminar de dimensiones con base en una revisión bibliográfica y el modelo de Schumacher et al. (2016), en la Tabla 2.4, se presenta el diseño de la lista de verificación que siguieren aplicable a cualquier tipo de empresa, con el objetivo de evaluar su grado de preparación para incorporarse a la Industria 4.0.

Tabla 2.4

Lista de verificación para evaluación del grado de preparación para la Industria 4.0

No.	Elemento	Descripción
1	Productos	Incorporación de sistemas ciberfísicos y/o IoT en el diseño de los productos o capacidad para hacerlo.
2	Clientes	Utilización de datos de los clientes, digitalización de ventas y servicio.
3	Operaciones	Modelado y simulación, colaboración interdepartamental.
4	Tecnología	Grado de modernización del sistema de tecnología de la información y comunicación, uso de dispositivos móviles.

5	Estrategia	Disponibilidad de hoja de ruta para Industria 4.0, adaptación de modelos de negocio.
6	Liderazgo	Liderazgo comprometido con el cambio de paradigma, habilidades y competencias de gestión.
7	Sistema de gobierno	Regulaciones laborales para I4.0, protección de propiedad intelectual.
8	Cultura	Intercambio de conocimiento, innovación abierta.
9	Personal	Competencias y habilidades del personal, apertura del personal a nuevas tecnologías.
10	Organización	Alineación organizacional para la adopción de I4.0.

Fuente: Elaboración propia, basado en el estudio de Jacquez-Hernández et al. (2011)

2.3. Gestión Tecnológica y de Innovación

La tecnología es el medio a través del cual se traslada el conocimiento científico a la solución de problemas concretos de una manera efectiva (Ortiz & Pedroza, 2006). La gestión tecnológica tiene su base en el conocimiento, el cual es valorado en términos de lo que aporta a la sociedad. Tecnología es crear competencias y se expresa en entidades tecnológicas que consisten en aparatos, procedimientos y habilidades (Van Wyk, 2012). En ese sentido, Benavides (1998) define la tecnología como un sistema de conocimientos y de información producto de la investigación y experimentación que unido a los métodos de producción, comercialización y gestión que le son propios, permite generar nuevos o mejorados productos, procesos o servicios.

Las MiPymes de todos los sectores económicos deben adaptarse a un entorno cambiante y altamente competitivo. La innovación tecnológica modifica de manera intempestiva ventajas competitivas basadas en precio, tiempo de entrega, calidad, productividad, servicio y fusiones o adquisiciones empresariales. Desde la perspectiva de la Industria 4.0 se observan cambios tecnológicos que inciden en el entorno competitivo actual. Por un lado, una reducción en el tiempo del ciclo

tecnológico, entre la aparición de una nueva tecnología y la difusión comercial de productos y servicios que incorporan dicha tecnología (Yang et al., 2018). Al mismo tiempo, el impacto de las nuevas tecnologías (*Big data*, Inteligencia artificial, Internet de las cosas, robótica, manufactura aditiva, etc.) modifican el ciclo de fabricación de los productos, tanto en la fase de diseño como en la fase de comercialización. Ambos cambios están provocando un creciente desarrollo de innovaciones en productos y servicios. Además de estos cambios, ya es posible ver documentada la aplicación de una creciente interdependencia entre áreas tecnológicas, surgiendo así nuevas ciencias aplicadas más amplias y complejas (ACATECH, 2019).

La gestión estratégica de la tecnología tiene su fundamentación en el estudio de Porter (1996) donde señala que todas las diferencias entre las organizaciones en precio o costo se derivan de las tecnologías requeridas para crear, producir, vender y entregar productos o servicios. Las ventajas en el costo provienen de integrar tecnologías más eficientemente que la competencia. Por tanto, un factor diferenciador viene de la selección y ejecución de tecnologías, es allí donde radica la estrategia competitiva, en escoger deliberadamente un conjunto de tecnologías para proporcionar una combinación única que agregue valor a un producto o servicio.

En su trabajo sobre estrategia Hamel (1996), describía que muchas empresas no podían ser capaces de diferenciar entre planificación y estrategia, la primera implica programación, la estrategia se relaciona con el descubrimiento y su aplicación involucra una revolución al interior de la organización. En su investigación estableció una serie de principios sobre cómo concebir la estrategia al interior de una organización y describió conceptos revolucionarios para su época sobre como comprimir la cadena de suministros quitando intermediarios, así como redefinir los límites de la industria hacia una convergencia de espacios de mercado e incrementar la accesibilidad de los clientes a los productos y servicios considerando la globalización y expansión tecnológica.

La gestión estratégica desde una perspectiva de Industria 4.0 requiere analizar el surgimiento de nuevas formas de proyectar y dirigir acciones para encarar las necesidades de competitividad tecnológica, como implementarla y administrarla, ante el reto de innovar o morir. Desde el contexto de las MiPymes del sector de tecnologías de la información y comunicación (TIC) es necesario ver a la gestión estratégica desde dos enfoques: innovación y tecnología. En ese sentido, es necesario definir gestión como una forma más audaz y heterodoxa de administrar, si bien administrar supone todo un proceso guiado donde se involucran teorías y técnicas muy específicas, gestionar se traduce en la realización de tareas dirigidas al logro de ciertos efectos u objetivos de interés. Esas tareas deben proceder de una planeación creativa y con visión prospectiva para la resolución de problemas. De igual forma, gestionar también se vuelve una capacidad para ejecutar acciones sobre sistemas y procesos desde dimensiones tecnológicas y de innovación (Ortiz & Pedroza, 2006).

Para las MiPymes, una estrategia basada en la Industria 4.0. requiere generar, analizar, implementar, madurar y aprovechar ideas y tecnologías divergentes que pudieran constituirse en innovaciones y nuevos modelos de negocio para obtener ventajas competitivas (PWC, 2016). En las MiPymes del sector TI, se presenta de facto una dualidad, por un lado, ofrecen servicios y productos derivados del desarrollo de software y al mismo tiempo pueden innovar en la integración de nuevas ideas y conceptos para diferenciarse de sus competidores directos. En su análisis sobre procesos de gestión, Huergo (2003), menciona que la gestión es un proceso de construcción colectiva desde las experiencias y las habilidades de quienes allí participan. El proceso de gestión hace referencia a la forma a través de la cual un grupo de personas establece, organiza, articula y proyecta capacidades y recursos humanos, técnicos y económicos para el cumplimiento de objetivos. Las MiPymes deberán considerar la implementación de la Industria 4.0 con un criterio humano-céntrico que permita la evolución de nuevos modelos de organización a través de nuevas tecnologías sin dejar de lado la formación de nuevas habilidades humanas (Basco et al., 2018).

Según MacMillan y McGrath (1997) una compañía puede diferenciarse en cada segmento de contacto con sus clientes desde el momento en que estos se dan cuenta de que necesitan un producto o servicio hasta el punto en que lo desechan. Los autores creen que si las compañías analizan la experiencia completa del cliente –su cadena de consumo-, pueden descubrir nuevos puntos de diferenciación y oportunidades. Desde este punto, podemos analizar la pertinencia de la Industria 4.0 y su postura sobre integrar elementos de conectividad y adquisición de datos a lo largo de toda la cadena de productiva, incluyendo logística, distribución y atención al cliente (Blanco et al., 2017).

2.3.1. Sistemas de Innovación

La innovación y el conocimiento se han convertido en aspectos clave de una sociedad altamente competitiva y globalizada económicamente. Ambos representan un recurso estratégico en todas las organizaciones y países. Cuando el conocimiento es efectivamente direccionado es posible producir innovaciones, las cuales detonan el desarrollo tecnológico. Actualmente, la mayoría de los países han asumido una postura de vanguardia en cuanto al papel que cumple la innovación dentro de la sociedad, por lo que desarrollan estrategias y políticas específicas para incentivar la ciencia y la tecnología (Figuroa, 2016).

Entre los principales elementos que caracterizan a la economía global se encuentran: una mayor codificación del conocimiento, una relación más estrecha entre tecnología y ciencia, mayores tasas de innovación asociadas al crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB), nuevas necesidades de educación (aprendizaje continuo) y una mayor inversión en elementos intangibles (investigación y desarrollo, software, patentes, entre otros) que en capital fijo. En su informe “Innovar para crecer”, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) se señala que en América Latina, existen escasas capacidades tecnológicas, debido a factores relacionados con: su estructura económica y las dinámicas de innovación,

entre los cuales se destaca el patrón de especialización, el fuerte peso de las importaciones en los sectores de elevado contenido tecnológico, el bajo posicionamiento en las cadenas globales del valor y la consecuente dependencia de la importación del conocimiento de ciencia, tecnología e innovación (CEPAL, 2010).

Es importante mencionar que la innovación no depende necesariamente de la tecnología. Es posible considerar a un proceso como innovador, si se pueden originar y desarrollar transformaciones económicas, sociales, operativas, organizativas, estratégicas, etc., en los distintos departamentos de una empresa. La definición de innovación ha pasado por muchos cambios con el transcurso del tiempo. En su estudio sobre gestión de la innovación y la tecnología, Ortiz y Pedroza (2006) documentan la transición conceptual de innovación y concuerdan con la tesis de Schumpeter (1911), quien define a la innovación como el surgimiento de nuevas funciones de producción, procesos, formas de organización, nuevos mercados y fuentes de materias primas.

De manera inicial, la Industria 4.0 implicó una innovación tecnológica, basada en la aplicación industrial de conocimientos científicos y tecnológicos, empero, los alcances de estas tecnologías se encuentran interconectados en diversos sectores económicos. Dentro de esta perspectiva, Freeman (1982) distingue entre innovación e innovación tecnológica, refiriéndose a la tecnología como el cuerpo de conocimientos relacionados con las técnicas. La innovación se utiliza para describir la introducción y difusión de productos y procesos nuevos y/o mejorados en la empresa, mientras que la innovación tecnológica estaría relacionada con los avances en el conocimiento (Berry & Taggart, 1994). Al precisar el término innovación tecnológica es conveniente aclarar que el concepto parte de la idea de un producto/proceso que ha tenido en cuenta tanto la viabilidad técnica como la necesidad del mercado (Ortiz & Pedroza, 2006).

De las distintas tipologías sobre innovación, para fines de esta investigación la más aproximada al enfoque de la Industria 4.0 es la propuesta por Freeman y Pérez (1988) quienes dividen las innovaciones en cuatro categorías: progresivas o incrementales, radicales, cambios en el sistema tecnológico y cambios en el paradigma tecno-económico. Desde el contexto empresarial se han propuesto diversos modelos de innovación, que independientemente del número de fases y etapas, reconocen tres momentos importantes en el proceso: identificar una necesidad o una idea, desarrollarla basados en conocimientos técnico-científicos y por último ponerla en práctica y difundirla (Ortiz & Pedroza, 2006).

En la capacidad progresiva de una compañía para innovar y mejorar su productividad, los *clusters* juegan un papel relevante. Los *clusters* son un arreglo de industrias ligadas entre sí y otras entidades (gobiernos, universidades, agencias) concentradas en un espacio geográfico en particular. Entre sus objetivos está el fomentar la economía y la competitividad a través de la innovación e investigación, educación, estandarización y especialización de procesos, asociaciones comerciales, entre otros (Porter, 1999). Las relaciones entre estas entidades dentro del *cluster* fortalece la gestión del conocimiento desde la obtención de información, su sistematización y su aplicación (Bustelo & Amarilla, 2001). Las compañías aprenden desde el inicio sobre la tecnología en evolución, disponibilidad de componentes y maquinaria, conceptos de servicio y mercadotecnia, etc.

Los *clusters* permiten hacer visibles las oportunidades de innovación. Una empresa dentro de un *cluster*, a menudo, puede implementar innovaciones más rápidamente. Los proveedores y socios locales pueden involucrarse estrechamente en el proceso de innovación, asegurando así una mejor equiparación con los requisitos del cliente. Las entidades dentro de un *cluster* pueden experimentar costos más bajos en el proceso de maduración de una innovación. Por lo contrario, una compañía que depende de proveedores lejanos enfrenta mayores retos en las actividades que coordine con otras organizaciones, por ejemplo, en contactar servicios especializados (prototipado), coordinar la entrega de materiales y obtener

apoyo técnico. Por todas estas razones y la presión competitiva entre las empresas, los *clusters* pueden seguir siendo centros de innovación durante décadas (Porter, 1999).

En su estudio sobre la innovación tecnológica en el contexto de los *clusters* regionales Becerra & Naranjo (2008) basados en una extensa revisión bibliográfica, muestran la importancia de los *clusters* como escenarios propicios para promover y estimular los procesos de innovación y desarrollo tecnológico. Así mismo, tras un análisis en el departamento de Caldas, Colombia identifican características presentes en el *cluster* industrial regional que propician la innovación: la proximidad geográfica, las relaciones de cooperación interempresariales e interinstitucionales, el aprendizaje interactivo, los flujos de conocimiento, la especialización, el mercado y la movilidad laboral y las políticas públicas de fomento a la inversión en infraestructura.

Finalmente, el concepto de *cluster* no es ajeno a la Industria 4.0 desde el punto de vista tecnológico, en el estudio de Lee, Kao y Yang (2014) sobre innovación y análisis inteligente para la Industria 4.0, el *clustering* es usado para la aglomeración de datos (objetos) a través de algoritmos para su análisis por Big data, utilizado para el aprendizaje adaptativo y predictivo de máquinas (*Machine Learning*), lo que se refleja en autonomía e inteligencia para diversos sistemas ciberfísicos (CPS). Los *clusters* parecen tener un impacto en la Industria 4.0, la discusión se centra en su rol en las economías regionales y su transformación industrial de la mano de la digitalización (Götz & Jankowska, 2017).

2.3.2. Capacidades tecnológicas y de innovación

Las empresas en países en desarrollo (PED), han abordado la tecnología desde procesos de aprendizaje que subyacen a la construcción y acumulación gradual de capacidades tecnológicas a partir de la tecnología que adquieren de otros países (Lugones et al., 2007). Desde este contexto, Vargas (2006) explica que

las empresas en PED aprenden la tecnología desarrollada por los países desarrollados a través de un proceso de construcción de capacidades tecnológicas conformado por aprendizaje y acumulación de conocimientos técnicos. En ese sentido las empresas consideradas innovadoras, buscan explicar cómo sus capacidades tecnológicas se profundizan, se mantienen y son renovadas para permitirles permanecer en la frontera tecnológica.

Esto despierta una noción sobre la incumbencia de lo tecnológico a todas las áreas de la empresa, basado en el hecho de que está distribuida en todas ellas. Porter (1985) describe la relación entre el uso de las tecnológicas y el impacto en competitividad. Igualmente, la correlación entre la calidad de las tecnologías, las capacidades tecnológicas y del dominio de las mismas. Por ende, la integración de la tecnología en la visión estratégica implica una nueva percepción de sus estrechas relaciones y su incorporación en la toma de decisiones.

En el contexto de la Industria 4.0 se torna necesario explicar el papel que juega la formación de capacidades tecnológicas y su relación con el desempeño industrial e innovador de las empresas en países en desarrollo. En términos generales, el enfoque de capacidades tecnológicas parte del supuesto de que los países en desarrollo no innovan en crear nuevos productos y procesos; invierten en esfuerzos tecnológicos, lo que implica adquirir, dominar y hacer mejoras en la tecnología existente, más que hacer desarrollos en la frontera del conocimiento. Pero cuando un país en desarrollo se sitúa a la altura de los países desarrollados y alcanza un grado tecnológicamente avanzado, comienza a dar mayor importancia a la innovación original en detrimento de la imitación. De acuerdo con esta perspectiva, las capacidades tecnológicas en países en desarrollo se fundamentan en las personas, es decir, en las habilidades de un individuo o de un grupo de individuos para obtener, usar o crear tecnología (Lugones et al., 2007; Pérez & Pérez, 2009). Para fines de la investigación y dentro del contexto de la Industria 4.0, se abordará la definición de capacidades tecnológicas como las habilidades y el conocimiento tecnológico necesarios para desarrollar, producir y distribuir productos

y servicios; además de la habilidad para crear nuevas tecnologías (Bell & Pavitt, 1992; Lall, 1992).

En su investigación sobre competitividad y acumulación de capacidades tecnológicas Pérez y Pérez (2009) comprueban mediante técnicas econométricas que los sectores tecnológicos dentro de la industria mexicana que presentan los índices de capacidades tecnológicas más altos, son los basados en ciencia y agentes especializados, los cuales se sustentan en los mayores porcentajes de capacitación al personal; mientras que las actividades de investigación y desarrollo siguen siendo muy bajas. Lo que pone de manifiesto que el progreso tecnológico y la acumulación de capacidades tecnológicas tiene su base en el aprendizaje de las derramas tecnológicas de la inversión extranjera.

Bell y Pavitt (1992) señalan tres etapas en los procesos de acumulación de capacidades tecnológicas. En la primera, la tecnología es adoptada para incorporarla en una nueva situación o contexto. En la segunda ocurre una postadaptación que incrementa la eficiencia inicial y modifica la tecnología adecuándose a los cambios en los mercados de insumos y productos. En estas dos etapas hay un continuo cambio en la acumulación de conocimientos y habilidades en la adopción tecnológica. En la tercera, las empresas pueden basarse en las capacidades ya adquiridas para introducir un cambio técnico más sustancial, modificando así los productos existentes; sustituyendo productos, diversificando los materiales de insumo y producto o modificando las tecnologías usadas.

Este proceso de acumulación de capacidades tecnológicas parte de una base mínima de conocimientos tecnológicos, donde las empresas son tecnológicamente inmaduras, porque aprenden y acumulan conocimientos con el paso del tiempo. Este proceso permite llevar progresivamente nuevas actividades y adquirir capacidades tecnológicas, hasta que las empresas estén preparadas para llevar a cabo actividades de innovación (Dutrénit, 2004).

La tipología de capacidades tecnológicas a nivel de empresa desarrollada por Lall (1992) se divide en tres: capacidad de inversión, capacidad de producción y capacidad de vinculación. La capacidad de inversión es la habilidad para identificar necesidades, preparar y obtener la tecnología necesaria para después, diseñar, construir, equipar y conseguir el personal para las instalaciones físicas (industria). La capacidad de producción involucra desde las habilidades básicas como control de calidad, operación y mantenimiento, hasta las más avanzadas como la adaptación y mejoramiento del equipo, investigación, diseño e innovación. La capacidad de vinculación es la que se requiere para transmitir y recibir información de asesores, empresas e instituciones tecnológicas, así como habilidades y tecnología de proveedores de componentes o materias primas. Estos vínculos modifican la eficiencia productiva de la empresa para permitirle una mayor especialización, aumentando la difusión de la tecnología en la economía y la profundización de la estructura industrial, esenciales para el desarrollo industrial.

En ese sentido cabe hacer una clara distinción entre capacidad de producción y capacidad tecnológica, para Bell y Pavitt (1992) la primera incorpora recursos para producir bienes industriales, según los niveles de eficiencia y las combinaciones de insumos, por ejemplo: equipo (tecnología incorporada en maquinaria), habilidades laborales (experiencia, *know-how* en operación, manejo y organización), especificaciones de insumos y productos y sistemas organizacionales. La segunda incorpora recursos adicionales y específicos, necesarios para generar y manejar el cambio técnico que incluye habilidades, conocimiento, experiencia, estructura institucional y vínculos.

En la actualidad, la atención de los analistas empresariales se centra con frecuencia en las capacidades de innovación, dada la alta incidencia que tienen sobre la competitividad las capacidades de la empresa para implementar exitosamente nuevos productos, procesos y formas de organización y marketing, o mejorar significativamente los existentes. Desde la gestión tecnológica empresarial es relevante observar el tipo y nivel de las capacidades de innovación que se

requieren para soportar sistemas exitosos de Gestión de I+D+i. Al respecto, se han identificado vacíos conceptuales y metodológicos importantes que dificultan la gestión de tales sistemas y que deben ser llenados con propuestas que consulten la realidad y los desafíos de nuestras empresas latinoamericanas, principalmente en las dimensiones referente a la capacidad para generar ideas, gestionar el portafolio de proyectos de I+D+i y proteger, valorar, negociar y contratar tecnología (Robledo, López, Zapata, & Pérez, 2010).

Martínez, Charterina y Araujo (2010) señalan que la capacidad de innovación de una empresa es un concepto amplio y multidimensional que integra distintos aspectos de la empresa (planificación y compromiso de la dirección, comportamiento e integración, proyectos, conocimientos y habilidades, información y comunicación y entorno externo). En esta concepción, la innovación puede abordarse como una capacidad dinámica.

El enfoque de las capacidades dinámicas tiene su principal contribución en relación con los recursos y capacidades de los que dispone una organización ante entornos rápidamente cambiantes y la necesidad de la empresa de renovar sus competencias para alcanzar una coherencia adaptativa y una ventaja competitiva (Aguilar & Yepes, 2006; Fong, Flores, & Campos, 2017). En el estudio de Carattoli (2013) se describe que el campo de acción de las capacidades dinámicas (CD) avanza más allá de una visión estática y basada en el equilibrio de los recursos. Las CD están vinculadas con la gestión del cambio organizacional, la visión evolutiva de las empresas e industrias, así como su renovación estratégica, adaptación y crecimiento. Al vincular las decisiones estratégicas de las empresas dentro de entornos hipercompetitivos, el marco de las capacidades dinámicas se asocia con temas de innovación, aprendizaje organizacional y conocimiento que constituyen actualmente temas centrales de la discusión económica y de negocios.

Por tanto, las capacidades dinámicas pueden ser fuente de ventaja competitiva de las organizaciones. En ese sentido Garzón (2015), como resultado de su

investigación propone un modelo de capacidades dinámicas constituido por 4 capacidades: de Absorción, de Innovación, de Aprendizaje y de Adaptación. En el caso de la absorción, la describe como una habilidad para valorar y asimilar conocimiento sobre convergencia tecnológica y características organizacionales o de alianza y al mismo tiempo como una habilidad para aplicarlos a partir de una oportunidad tecnológica o desde la apropiabilidad que la innovación brinda.

Con relación a la naturaleza de las capacidades dinámicas, Carattoli, (2013) en su revisión de diferentes trabajos sobre las definiciones de una capacidad dinámica, documenta que no existe una definición universalmente aceptada, siendo este asunto uno de los temas más críticos para el desarrollo sólido de la materia. Una definición más actualizada de las capacidades dinámicas (CD) es la que propone Teece (2007), al describirlas como competencias de alto nivel que determinan la habilidad de una firma para integrar, construir y reconfigurar competencias/recursos internos y externos para enfrentar entornos de negocios de alto dinamismo. Las CD pueden ser útiles para tres tipos de actividades: 1) identificación y evaluación de una oportunidad (*sensing*); 2) movilización de recursos para aprovechar una oportunidad y capturar valor al hacerlo (*seizing*); y 3) renovarse continuamente (*transforming*).

Las capacidades dinámicas son competencias y habilidades que tienen la cualidad de modificar y reconfigurar a otras competencias dentro de entornos cambiantes para ajustarse a las oportunidades del entorno de negocios y cambiar la base de recursos de las empresas. En ese sentido las capacidades tecnológicas cumplen con el atributo de identificar y actuar sobre los procesos que integran, reconfiguran, obtienen y optimizan recursos para ajustarse o crear cambios en el mercado (Carattoli, 2013).

Las capacidades dinámicas pretenden dar respuesta a las limitantes de las capacidades empresariales, las cuales suelen ser rutinas definidas por las empresas para desarrollar una tarea específica. Sin embargo, el carácter recurrente de estas

capacidades, puede generar estancamientos en el desarrollo estratégico competitivo de las organizaciones, lo cual restringe la generación de nuevas capacidades al disminuir el dinamismo en la producción, reproducción y reconfiguración de las rutinas que las conforman (Teece et al., 1997). En el estudio de Aguilar y Yepes (2006) se comparan y analizan diferentes perspectivas teórico-conceptuales que sustentan la producción y reconfiguración de capacidades tecnológicas al interior de una organización desde el concepto de capacidades dinámicas y se revisa su papel como habilitadoras de cambios en la organización que posibilitan procesos de innovación y aprendizaje al interior de las organizaciones.

CAPÍTULO III. MARCO CONTEXTUAL

3.1 Sector Tecnologías de Información

Las tecnologías de información y comunicación (TIC) son un motor para la innovación de productos y servicios, procesos y modelos de negocio, por lo cual, se vuelven factores de cambio social y económico en diversos aspectos de la vida contemporánea. El progreso tecnológico en materia de las TIC ha aumentado el alcance y la productividad de los procesos de comercialización de productos y servicios, globalizando la oferta de servicios asociados a las TIC y estableciendo nuevas estrategias de competitividad y mercadotecnia (Jiménez & Martínez, 2006). En los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) este sector tiene un gran dinamismo de inversión financiera en investigación científica, telecomunicaciones (Internet), desarrollo de software y hardware y la búsqueda de nuevos modelos de negocio asociados con la digitalización económica. Actualmente, las TIC continúan recibiendo la mayor parte del capital de riesgo, al mismo tiempo que se multiplican las fusiones y adquisiciones de empresas en el sector (OCDE, 2000, 2010, 2017).

De esta forma, las TIC impulsan en los países acciones de desarrollo socioeconómico, a través de intensificar esfuerzos hacia el acceso universal a las telecomunicaciones entre ellas internet y dotar a sus ciudadanos de las habilidades y los recursos que necesitan para participar plenamente en la economía digital. La innovación en las tecnologías de la información y comunicación está en vías de transformar casi todos los sectores de la economía introduciendo nuevos modelos comerciales, productos, servicios y, en última instancia, nuevas formas de crear valor y empleos.

CAPÍTULO III. MARCO CONTEXTUAL

Los resultados de esta transición ya son evidentes: la economía digital mundial en 2016 representaba un valor de USD 11,5 billones, es decir, 15,5 % del producto interno bruto (PIB) mundial. Se espera que esta cifra llegue a 25 % en menos de una década (Banco Mundial, 2019). Los avances tecnológicos en el sector TIC brindan la posibilidad de acceder a cantidades sin precedentes de información mediante plataformas digitales.

Para comprender la importancia de las tecnologías de información y comunicación en un mundo con más de 7,700 millones de habitantes (ONU, 2019), Kemp (2019) publicó el Global Digital Report con las cifras más relevantes al respecto, entre las que destacan los 5.1 mil millones de usuarios móviles únicos en el mundo. Existen alrededor de 4,3 mil millones de usuarios de Internet, 9% más en comparación con 2018. En el tema de redes sociales hay aproximadamente 3,4 mil millones de usuarios de redes sociales, de las cuales 3,26 mil millones de personas ingresan desde dispositivos móviles. La computación ubicua mencionada por Weiser (1991) tiene hoy gran relevancia, se interactúa en un mundo físico y virtual donde las líneas divisorias son cada vez más transparentes.

Las tecnologías de la información siguen en constante innovación y fieles a la caracterización descrita originalmente por Leavitt y Whisler (1958), quienes afirman que las TI siguen incluyendo técnicas para procesar rápidamente grandes cantidades de información a través de computadoras, centrándose en la aplicación de métodos estadísticos y matemáticos a los problemas de toma de decisiones y siendo representadas por técnicas como la programación matemática y por metodologías como la investigación de operaciones. Asimismo, lo que alguna vez estos autores plantearon como perspectiva, se vuelve realidad: la simulación del pensamiento de orden superior a través de programas de computadora.

Los beneficios de la innovación digital tienen amplio alcance. Tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo, las tecnologías disruptivas

están impulsando rápidamente soluciones innovadoras a desafíos complejos en una amplia gama de sectores, desde la salud y la educación al transporte, la gestión de riesgos de desastres o la agricultura. Sin embargo, no todos se han beneficiado de la misma manera: aunque la revolución digital es un fenómeno mundial, todavía existen enormes desigualdades entre los países y dentro de ellos en lo que respecta a penetración, asequibilidad y desempeño de los servicios digitales (World Economic Forum, 2016).

3.1.1. Sector TI en México

Las actividades productivas articuladas e instrumentadas por software constituyen un creciente espectro de la evolución y convergencia de las tecnologías de la información y comunicación, basada en la digitalización del hardware y la generalización de lenguajes de control e interfaces hombre-máquina, conectadas a través de internet (Micheli & Oliver, 2017). En una economía global fundada en la información y el conocimiento, el software constituye una herramienta vital para el aumento de la productividad, ya que incorpora tecnologías y soluciones a diferentes problemas en diversos sectores económicos relacionados con el desarrollo de productos y servicios (Guel & Araiza, 2017).

En el reporte de Riquelme (2019) se informa que la Asociación Mexicana de la Industria de Tecnologías de la Información (AMITI) anunció su estimación de crecimiento promedio de 7% para la industria TIC en México durante 2019, lo que supone una reducción de alrededor de 3 puntos porcentuales con respecto al crecimiento promedio que ha experimentado en años recientes, que ha sido de 10.5% (AMITI, 2019). Desde un escenario optimista se espera que la Industria TIC en México pueda crecer 5.1% para alcanzar 745,224 millones de pesos durante el 2019, motivado sobre todo por una mayor adopción de servicios administrados modulares, proyectos de migración a servicios de cómputo en la nube, inversiones en seguridad informática y una fuerte demanda de smartphones (Martínez, 2019).

3.1.2. Sector TI en Mérida, Yucatán

Previo a 2011, el sector de las tecnologías de la información y comunicación en Yucatán existió bajo la configuración de un clúster de TIC denominado Anclado en el Estado, es decir, conformado en gran medida por los soportes institucionales que este sector recibía mediante apoyos gubernamentales aunque fuera de los flujos de trabajo de las universidades e institutos de investigación (Caro & Leyva, 2008). Precisamente al finalizar el período de comodato del edificio que albergaba al Consejo de la Industria de las Tecnologías de la Información de Yucatán, A.C., (CITI) Yucatán, el Gobierno del Estado de Yucatán (2007-2012) no renovó el contrato lo que provocó el cierre del CITI (Flores, Ceballos, & Bojórquez, 2016).

Actualmente, la Cámara Nacional de la Industria Electrónica, de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información (CANIETI) coordina las funciones que en su momento tomaba el CITI con relación a la industria de software en el estado y mediante el Centro de innovación y desarrollo en tecnologías de la información de Yucatán (*Heuristic - Automation of knowledge work*) brinda un espacio en el que los empresarios del sector TIC trabajan de forma colaborativa a través de la cámara, quien mediante diversas vinculaciones aporta herramientas a los empresarios para seguir desarrollándose (CANIETI, 2019).

3.2 MiPymes de Tecnologías de la Información

Hoy en día las TIC representan un papel muy importante en las empresas ya que su uso adecuado genera una mayor competitividad al hacer más eficientes los procesos productivos mediante la agilización de las comunicaciones, la gestión de inventarios, los análisis financieros y la gestión de recursos humanos. Desafortunadamente, en México aún no se ha difundido el uso de las tecnologías de la información como factor de productividad, ya que hay empresas que no las utilizan, en tanto que otras las utilizan de una forma inadecuada. No obstante lo anterior, en México las PYMES constituyen la columna vertebral de la economía

nacional por su alto impacto en la generación de empleos y en la producción nacional (Morales et al., 2017). De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, en México existen aproximadamente 4 millones 15 mil unidades empresariales, de las cuales 99.8% son PYMES que generan 52% del Producto Interno Bruto (PIB) y 72% del empleo en el (INEGI, 2014).

De acuerdo con las cifras oficiales de la Encuesta nacional sobre productividad y competitividad de las micro, pequeñas y medianas empresas (ENAPROCE), durante 2018 se registraron poco más de 4.1 millones de micro, pequeñas y medianas empresas en México, clasificadas en los sectores de manufacturas, comercio y servicios privados no financieros. En 2017 el 15.3% de las MiPymes impartió capacitación a sus trabajadores. El 61% de las personas que recibieron capacitación eran hombres y 39% eran mujeres. De las empresas que tuvieron financiamiento en 2017, ocho de cada diez lo utilizaron para comprar insumos, 27.5% para adquirir maquinaria y 25.6% para el pago de otros créditos. El 95.4% de las empresas no participa en cadenas globales de valor y el 34.8% señala que se debe a que no tienen información de cómo hacerlo, 19.1% considera que no es necesario y 15.5% no le interesa participar en dichas cadenas (ENAPROCE, 2018). En estos indicadores existe una relación entre el uso de TIC y la mejora de competitividad de las MiPymes en México.

3.2.1. MiPymes de TI en México

Según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), de enero a septiembre de 2015 había unas 3,832 unidades económicas dedicadas a la fabricación y desarrollo de software en México, de las cuales poco más de 87% ofrece servicios de diseño de sistemas de cómputo (Ángeles, 2018). Así mismo, la Cámara Nacional de Industrias de Software (CANISOFT) un organismo civil dedicado a agrupar los intereses de los desarrolladores de software, según sus propias estimaciones, estableció que el sector TI en México estaba integrado en

2018 por unas 3,000 micro pequeñas y medianas empresas de software (CANISOFT, 2019; Torres, 2018). Actualmente no existe un padrón nacional de industrias dedicadas al software, empero, existen otros organismos que pueden referir información sobre el sector TI como la CANIETI México y el programa para el Desarrollo de la Industria del Software y la Innovación de la Secretaría de Economía, que en 2015 otorgó fondos financieros a 309 beneficiarios para desarrollo de proyectos (PROSOFT, 2015).

Las TIC han revolucionado la forma de concebir el trabajo: los procesos de automatización derivados de su uso han llevado a la creación de nuevas ocupaciones y, por otro lado, también han llevado a la desaparición de algunas otras. Hoy en día, en muchas industrias se pueden generar grandes volúmenes de producción con relativamente pocos trabajadores, y esto se debe al avance de las TIC por medio de la automatización. Entre las ocupaciones más demandadas en el mercado laboral de las TIC están, desarrollador móvil, auditor, arquitecto de *Big Data*, especialista en inteligencia de negocios, experto en ciberseguridad, científico de datos, analista de malware y hacker ético, entre otras. Hasta el cuarto trimestre del 2018 más de 752 mil personas se relacionaban laboralmente con las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) en el país. Su edad promedio es de 36.3 años; 83% son hombres y 17% mujeres. De cada 100 personas ocupadas en las TIC, 76 trabajan principalmente en forma subordinada y remunerada, 20 laboran por su cuenta, tres son empleadores y uno trabaja sin recibir remuneración alguna (INEGI, 2019).

3.2.2. MiPymes TI en Mérida, Yucatán

En el estado de Yucatán, la industria de tecnologías de la información (TI) cuenta con un proceso histórico cuantificado y documentado en el estudio de Caro y Leyva (2008) quienes describieron el desarrollo de los diferentes subsectores de las TIC, siendo el más avanzado el referente a programas de software. En un

CAPÍTULO III. MARCO CONTEXTUAL

análisis comparativo, inicialmente se contaba con 34 empresas dedicadas al desarrollo de software, 200 distribuidores de hardware y 24 institutos de educación superior entre universidades e institutos tecnológicos, públicos y privados, en los que se desarrollaban programas académicos relacionados con el sector. Para fines de esta investigación se realizó una búsqueda mediante la clasificación SCIAN del INEGI a empresas de servicios de diseño de sistemas de cómputo y servicios relacionados (541510). Como resultado de dicha búsqueda, se encontró que en el DENU (2019) existen 91 unidades económicas con dicha clasificación. Adicionalmente, en una consulta de los registros de empresas afiliadas a la CANIETI se identifican en Mérida, Yucatán a 18 empresas del sector de tecnologías de información, de las cuales 11 ya están presentes en las 91 unidades económicas previas, por lo que sólo se adicionaron 7 empresas para una población total de 98 MiPymes.

CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA

En este capítulo IV se describen con precisión el enfoque de la investigación, su alcance, el diseño, la definición de variables o categorías de análisis, la población y muestra, la descripción de las herramientas de recolección de información y los procedimientos de análisis de la información.

4.1 Enfoque de la investigación

Esta investigación tuvo un enfoque cuantitativo. Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) definen este enfoque como un conjunto de procesos sistemáticos que usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

El enfoque cuantitativo dota al estudio de una interpretación que constituya una explicación de cómo los resultados encajan en el conocimiento existente. Con este enfoque se pretende que los resultados obtenidos intenten explicar y predecir el fenómeno investigado, buscando regularidades y relaciones causales entre elementos. Para alcanzar los objetivos específicos uno y dos de la investigación se utilizó un enfoque cuantitativo, para lo cual se aplicaron encuestas a los directores generales y gerentes de operaciones, así como, gerentes y coordinadores de proyectos de software en MiPymes en tecnologías de información respectivamente. A fin de cubrir los dos objetivos específicos restantes se realizó una investigación documental basada en una revisión de fuentes secundarias comparada con el análisis de fuentes primarias obtenidas previamente.

4.2 Tipo de investigación

Esta investigación según su objeto se caracteriza como factual, por considerar hechos concretos y cronológicamente establecidos desde la observación y medición directa en MiPymes del sector de tecnologías de información en Mérida, Yucatán sobre la implementación de la Industria 4.0. Por su objetivo, es considerada aplicada, ya que busca incrementar capacidades al interior de las MiPymes, desde un contexto tecnológico. El estudio utilizó fuentes primarias y secundarias como elementos de la investigación en las MiPymes del sector TI en Mérida, Yucatán para el cumplimiento de todos sus objetivos. Empero, en el cumplimiento de dos objetivos específicos fue necesario realizar una revisión documental de otros contextos tecnológicos en México (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

4.3 Diseño de la investigación

Para clasificar el diseño de la investigación fue necesario identificar sus parámetros. Primeramente, es una investigación no experimental cuantitativa, sin la manipulación deliberada de variables y en la que sólo se observan y analizan fenómenos en su ambiente natural. Por su dimensión temporal, es una investigación transeccional o transversal, debido a que se recolectaron datos con el propósito de describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. En ese sentido, el diseño de la investigación no experimental transeccional contó con las consideraciones correlacional-causal y descriptiva respectivamente. Para el objetivo específico uno se establecieron relaciones entre variables (dimensiones) en un momento determinado, con el fin de precisar sentido de causalidad o pretender analizar relaciones causales. Para el objetivo específico dos, se indagó la incidencia de ciertas categorías (tecnologías/tipos de innovación) en la población, para lo cual se realizaron comparaciones mediante estadística descriptiva (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

4.4 Unidad de Análisis y sujetos de estudio

En esta sección se describen la unidad principal de análisis de la investigación, los sujetos de estudio, se establece la población y, por tanto, la muestra utilizada de acuerdo con las características pertinentes para la investigación.

La investigación considera como unidad de análisis al sector de las tecnologías de la información en Mérida, Yucatán. A ese respecto, el estudio consideró como parte del sector TI a las MiPymes que desarrollan software y/o brindan servicios de consultoría especializada a través de capital humano experto en sistemas informáticos e ingeniería de software. Cabe mencionar que estas MiPymes pueden o no estar afiliadas a la Cámara Nacional de la Industria Electrónica, de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información (CANIETI). Por otro lado, los sujetos de estudio se ubicaron dentro de 2 niveles organizacionales. En el nivel directivo se incluyen directores generales, operativos, comerciales y/o gerentes generales. En el nivel gerencial, se incluyen coordinadores y/o gerentes de proyectos, gerentes operativos y jefes de departamento en el área de tecnologías de información. De esa manera, son recolectados los datos respecto a las dimensiones a medir dentro del diseño del modelo.

4.4.1 Población y muestra

En la investigación se establece como población a las empresas del sector de tecnologías de información en Mérida, Yucatán, que se encuentran catalogadas como MiPymes de acuerdo con la clasificación por número de trabajadores establecida en el Diario Oficial de la Federación (SEGOB, 2009). Para fines de la investigación, tales MiPymes desarrollan software y/o brindan servicios de consultoría especializada a través de capital humano experto en sistemas informáticos e ingeniería de software. Cabe mencionar que para definir a las empresas que formaron parte de la población se hizo referencia al Sistema de

Clasificación Industrial de América Del Norte (SCIAN) (2018) y se seleccionó a las empresas que pertenecen al código de clasificación (541510) - Servicios de diseño de sistemas de cómputo y servicios relacionados en Mérida, Yucatán. Como resultado de dicha búsqueda, se encontró que en el DENUE (2019) existen 91 unidades económicas con dicha clasificación. Adicionalmente, en una consulta de los registros de empresas afiliadas a la CANIETI se identifican en Mérida, Yucatán a 18 empresas del sector de tecnologías de información, de las cuales 11 ya están presentes en las 91 unidades económicas previas, por lo que sólo se adicionaron 7 empresas para una población total de 98 MiPymes. En la Figura 4.1, se observa el cálculo de la muestra probabilística para empresas del sector TI, con una confiabilidad del 90%.

Figura 4.1

Tamaño de muestra para una población finita

Nivel de confianza	N	$Z_{\alpha/2}$	e	p	q
90%	98	1.645	10%	50%	50%

$$n = \frac{N \cdot Z_{\alpha/2}^2 \cdot p \cdot q}{(N - 1) \cdot (e^2) + (Z_{\alpha/2}^2 \cdot p \cdot q)}$$

$$n = \frac{98 \cdot 1.645^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}{(98 - 1) \cdot (0.1^2) + (1.645^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5)} = \frac{66.29}{1.6465} = 40.265$$

Fuente: Elaboración propia.

4.5 Definición de variables y categorías de análisis

Para llevar a cabo el estudio propuesto se definieron tres factores de análisis que formaron parte de la investigación en relación con los objetivos específicos planteados. El primero de ellos es el nivel de madurez digital e implementación tecnológica, donde se consideraron 9 indicadores o dimensiones para medir el nivel de preparación digital del sector TI (Jacquez-Hernández et al., 2011).

Los dos factores siguientes están integrados por capacidades tecnológicas y capacidades de innovación respectivamente. Para el primero se consideran como indicadores a 4 tecnologías con el enfoque de la Industria 4.0 para la industria del software (Internet de las cosas, Cómputo en la nube, Big data, Inteligencia artificial). Estos indicadores se seleccionaron por su pertinencia a ser desarrollados por las MiPymes del sector de las tecnologías de la información en Mérida, Yucatán. Los indicadores de este factor están supeditados a competencias técnicas específicas ligadas a cada tecnología, las cuales forman parte de competencias dinámicas que podrán brindar a las MiPymes elementos de gestión estratégica, ventaja competitiva y coherencia adaptativa ante entornos de innovación cambiantes (Carattoli, 2013; Lugones et al., 2007; Pérez & Pérez, 2009).

Para las capacidades de innovación se consideran 4 indicadores: innovación del producto o servicio, innovación de procesos, innovación tecnológica e innovación en gestión. Para la evaluación de estos tres factores, los sujetos de estudio son los directores generales y gerentes operativos, así como, gerentes de tecnologías de información y coordinadores de proyectos de software dentro de las MiPymes del sector de las tecnologías de información en Mérida, Yucatán.

En la Tabla 4.1 se muestran los tres factores antes mencionados, para cada uno de estos se señalan los indicadores que formarán parte de la investigación y los autores considerados para el estudio en cada rubro. Todo lo anterior, como base para la construcción de los instrumentos cuantitativos para la recolección de datos.

Tabla 4.1
Factores e indicadores de la investigación

Factores	Indicadores	Autores
Nivel de madurez digital e implementación tecnológica	Productos	De Carolis, Macchi, Kulvatunyou, Brundage y Terzi (2017); Kermer-Meyer (2017); Klötzer y Pflaum (2017); Schumacher et al. (2016)
	Clientes	Klötzer y Pflaum (2017); Schumacher et al. (2016)
	Operaciones	Leyh, Bley, Schaffer y Forstenhausler (2016); Rojko (2017); Schumacher et al. (2016)
	Tecnología	De Carolis et al. (2017); Gracel y Lebkowski (2017); Schumacher et al. (2016)
	Estrategia	Gracel y Lebkowski (2017); Klötzer y Pflaum (2017); Rojko (2017); Schumacher et al. (2016)
	Liderazgo	(Schumacher et al., 2016)
	Cultura	Gracel y Lebkowski (2017); Schumacher et al. (2016)
	Personal	Gracel y Lebkowski, (2017); Rojko (2017); Schumacher et al. (2016)
	Organización	De Carolis et al. (2017); Klötzer y Pflaum (2017)
Capacidades tecnológicas	Internet de las cosas	Consuelo, Prada y Vargas (2011); Figueroa (2016); Lugones et al. (2007); Basco et al. (2018); Cano (2011); Ervural y Ervural (2018); Gilchrist (2016); Kagermann y Wahlster (2013); Macdougall (2018); Nuroğlu (2018); PROMEXICO (2014); Roblek et al. (2016); Tao et al.(2014); Xu et al. (2018); Soldatos, Gusmeroli, Di Milano y Maló (2016)
	Cómputo en la nube	
	Inteligencia Artificial	
	Big data	
Capacidades de innovación	Innovación del producto o servicio	Martínez, Charterina y Araujo (2010); Aguilar y Yepes (2006); Casalet (2018); World Economic Forum (2016)
	Innovación de procesos	
	Innovación tecnológica	
	Innovación en gestión	

Fuente: Elaboración propia.

4.6 Herramientas de recolección de información

En el siguiente apartado se detalla por el número, tipo y distribución de ítems utilizados, cómo se conformaron los dos instrumentos de recolección de datos utilizados durante la investigación.

4.6.1 Descripción de los instrumentos de recolección de información

Basado en la metodología de encuestas, se diseñaron dos cuestionarios con una selección de preguntas con respuestas de opción múltiple, dicotómicas y de escala (Likert). Un primer cuestionario se enfocará en medir el nivel de madurez digital e implementación tecnológica del sector TI desde la perspectiva de la Industria 4.0 y el segundo se utilizará para medir las capacidades tecnológicas y de innovación en sujetos de estudio específicos dentro de la unidad de análisis antes mencionada (ver instrumentos en el Anexo I).

Para el primer instrumento sobre la medición del nivel de madurez digital e implementación tecnológica, se cuenta con las secciones I y II para recabar datos del sujeto de estudio que responde, así como, datos de identificación de las MiPymes participante respectivamente. En la sección III se encuentran preguntas de tipo dicotómicas con el objetivo de conocer el contexto de la empresa (afiliación a cámaras empresariales, internacionalización, número de trabajadores, entre otros indicadores). Asimismo, mediante una pregunta de selección se pretende conocer su percepción sobre el término Industria 4.0. Finalmente, se adiciona una sección de 36 ítems bajo la escala *Likert* (1= *Nunca*, 2= *Casi Nunca*, 3= *Ocasionalmente*, 4= *Frecuentemente*, 5= *Siempre*). Cada una de las 9 dimensiones es medida a través de 4 ítems. Las opciones presentadas en la escala *Likert* serán en todos los casos cinco y según corresponda a la pregunta realizada medirán importancia, frecuencia o grado de conformidad del encuestado.

El segundo instrumento fue diseñado para ser aplicado en el área operativa de las MiPymes, los sujetos de análisis tienen la característica de estar directamente vinculados al desarrollo de software, por lo que son evaluadas capacidades tecnológicas y de innovación dentro del contexto operativo del sector TI. El instrumento consta de una sección que abordará los datos generales del sujeto de análisis: cargo, género, edad, formación educativa y número de personas a su cargo. Al igual que en el primer instrumento se integra una pregunta de selección para conocer su percepción sobre el término Industria 4.0. En el segundo apartado se derivan dos subconjuntos (A y B), uno sobre capacidades tecnológicas y otro sobre capacidades de innovación respectivamente. En ambos subconjuntos se abordan preguntas en una escala *Likert* para evaluar el grado de dominio y nivel de presencia e importancia de capacidades específicas al interior de las MiPymes del sector TI en Mérida, Yucatán.

Para el rubro de capacidades tecnológicas, se caracterizaron competencias técnicas para cada una de las cuatro tecnologías presentes en la Industria 4.0 y seleccionadas en la investigación por su alto grado de vinculación con el desarrollo de software y uso de TI. Por tanto, para el subconjunto capacidades tecnológicas se utilizaron 20 ítems, 5 ítems por tecnología bajo la escala Likert (1= Muy bajo, 2= Bajo, 3= Normal, 4= Alto, 5= Muy alto). De igual manera, las capacidades de innovación fueron segmentadas en 4 indicadores: del producto o servicio, de procesos, tecnológica y en gestión. Cada uno con 5 ítems para un total de 20 reactivos e igualmente bajo una escala Likert (1= *Nunca*, 2= *Casi Nunca*, 3= *Ocasionalmente*, 4= *Frecuentemente*, 5= *Siempre*).

Una vez desarrollados los instrumentos se estableció contacto con las MiPymes que conforman el sector TI, para explicar de forma verbal el objetivo de la investigación, detallar los lineamientos y compromisos mutuos de la colaboración, principalmente con lo relacionado al uso de datos empresariales para fines académicos y de investigación. Por lo que se elaboró una carta de confidencialidad al respecto y una petición formal por escrito solicitando la colaboración de la

empresa, la cual fue entregada de forma presencial y digital para todos los sujetos de la muestra. La aplicación de los instrumentos para las MiPymes no se dio de manera presencial. Sin embargo, desde el contexto actual de salud global por la pandemia COVID-19, fue posible recurrir a plataformas virtuales de comunicación para la aplicación de los cuestionarios correspondientes en formato digital.

4.6.2 Confiabilidad

Se realizó un análisis de confiabilidad para los instrumentos aplicados. Uno para la muestra con 22 empresas del sector de tecnologías de información que desarrollan software y/o brindan servicios de consultoría especializada a través de sus mandos directivos (Instr. 1). Por otro lado, uno para la muestra de 17 coordinadores o gerentes, capital humano experto en sistemas informáticos e ingeniería de software (Instr. 2). Para ambos análisis se utilizó la prueba Alfa de Cronbach con ayuda del software estadístico RStudio, a fin de evaluar la consistencia interna del instrumento, cuyo objetivo principal fue confirmar que existe una congruencia en las respuestas obtenidas conforme se itera su aplicación, en condiciones tan parecidas como sea posible (Bernal, 2010).

En la Tabla 4.2 se muestran los resultados obtenidos para el análisis realizado a los 36 reactivos que configurados en escala Likert conforman las 9 dimensiones que integran el apartado madurez digital e implementación tecnológica. Cabe resaltar que cada una de las dimensiones tiene 4 ítems y que en total el instrumento (Instr. 1) cuenta con 53 reactivos, 17 de los cuales no son analizados por esta vía debido al supuesto de no unidimensionalidad, se trata de reactivos con respuesta de tipo dicotómica, abierta y de opción múltiple.

Tabla 4.2

Análisis de confiabilidad para el total de ítems (Dimensiones / Instr. 1)

Reliability analysis (36 ítems)	Valor
raw_alpha: Coeficiente Alfa con las puntuaciones observadas.	0.72
Intervalo de confianza al 95%	(0.56 < 0.72 > 0.89)

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4.3 se muestran los resultados obtenidos para el análisis realizado a los 40 reactivos que configurados en escala Likert conforman las capacidades tecnológicas (20 ítems) y de innovación (20 ítems), así mismo, a los 7 ítems que componen el apartado habilidades personales requeridas por la Industria 4.0 para el desarrollo de software. Cabe resaltar que el instrumento (Instr. 2) cuenta con 55 reactivos, 8 de los cuales no son analizados por esta vía debido al supuesto de no unidimensionalidad, ya que se trata de reactivos con respuesta de tipo dicotómica y abierta.

Tabla 4.3

Análisis de confiabilidad para instrumento 2 (Instr. 2)

Reliability analysis: Capacidades_Tecnológicas (20 ítems)	Valor
raw_alpha: Coeficiente Alfa con las puntuaciones observadas.	0.9
Intervalo de confianza al 95%	(0.83 < 0.9 > 0.97)
Reliability analysis: Capacidades_Innovación (20 ítems)	
raw_alpha: Coeficiente Alfa con las puntuaciones observadas.	0.95
Intervalo de confianza al 95%	(0.91 < 0.95 > 0.98)
Reliability analysis: Habilidades Personales_I4.0 (20 ítems)	
raw_alpha: Coeficiente Alfa con las puntuaciones observadas.	0.84
Intervalo de confianza al 95%	(0.72 < 0.84 > 0.96)

Fuente: Elaboración propia.

Con base en los resultados encontrados se puede determinar que al obtener valores del Alfa de Cronbach superiores 0,70; se puede considerar a ambos instrumentos (Instr.1/Instr.2) como confiables. Desde la teoría psicométrica, en las primeras fases de la investigación o estudios exploratorios un valor de consistencia interna (Alfa de Cronbach) de 0.6 o 0.5 puede ser suficiente, con investigación básica se necesita al menos 0.8 y en investigación aplicada entre 0.9 y 0.95. (Nunnally, 1978).

4.6.3 Validez

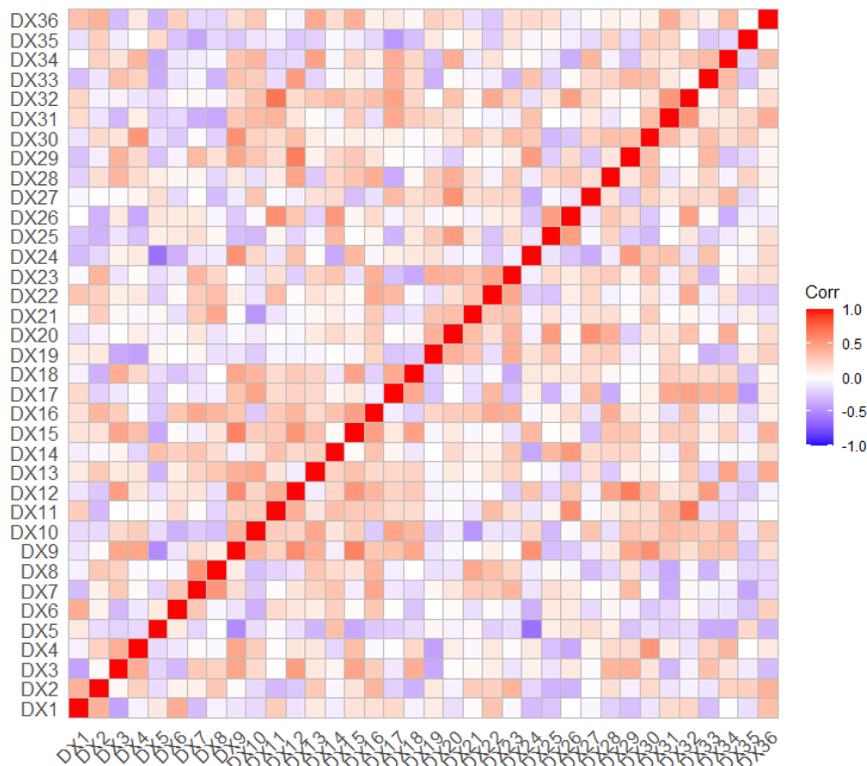
Se examinó la validez del estudio desde diferentes perspectivas: contenido, de criterio y de constructo. Para validar las perspectivas de contenido y de criterio se sometieron ambos instrumentos a la revisión y autorización de un grupo de expertos. Con su apoyo y con base en sus observaciones, se realizaron los ajustes a cada uno de los instrumentos hasta verificar y autorizar su versión final. De igual forma, se realizó una revisión extensa de literatura, la cual permitió identificar las dimensiones y capacidades más representativas, los indicadores utilizados y los ítems formulados y configurados en los instrumentos para medir el nivel de madurez digital e implementación tecnológica de las MiPymes del sector TI en Mérida, Yucatán, el grado de dominio de competencias tecnológicas y de innovación y las habilidades personales consideradas por la I4.0 en el desarrollo de software.

Para fines de esta investigación, la validez de constructo se realizó específicamente para las 9 dimensiones del instrumento 1 (Instr.1), con el objetivo de validar la incorporación de una red teórica más amplia y permitir el diseño de un modelo de medición más significativo estadísticamente. Esto se realizó en 2 etapas:1) análisis factorial por correlación policórica para variables ordinales (escala Likert) que integraron las dimensiones, desde los 4 ítems que lo conforman y 2) análisis de correlación entre las dimensiones y el total.

En la Figura 4.2, se muestra la matriz de correlación policórica para los 36 ítems que conforman las 9 dimensiones, se observan aquellos que pueden ser factorizables para optimizar la variabilidad de las variables observables y para mejorar la correlación con valores cercanos a 1.0. Para comprobar que es posible un análisis factorial se realizó una prueba de esfericidad de Bartlett, la cual contrasta la hipótesis nula de que la matriz de correlaciones es una matriz identidad, en cuyo caso no existirían correlaciones significativas entre las variables y el modelo factorial no sería pertinente.

Figura 4.2

Matriz de correlación policórica



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4.4 se muestran los resultados obtenidos, donde resalta la significancia estadística respecto al p-valor, para rechazar la hipótesis nula con un $\alpha=0.05$. Por lo que podemos asegurar que el modelo factorial es adecuado para

explicar los datos. La medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (0.59), indica la proporción de varianza entre variables que podrían ser varianza común. Por tanto, fue necesario realizar un análisis factorial para identificar los factores (ítems) precisos que explican la mejor correlación parcial, con el objetivo de mejorar la fiabilidad de las dimensiones de manera individual, utilizando la factorización de ejes principales, un método para la extracción de factores que parte de la matriz de correlaciones original con los cuadrados de los coeficientes de correlación múltiple insertados en la diagonal principal como estimaciones iniciales de las comunalidades². Las cargas factoriales resultantes se utilizan para estimar de nuevo las comunalidades que reemplazan a las estimaciones previas de comunalidad en la diagonal. Las iteraciones continúan hasta que el cambio en las comunalidades, de una iteración a la siguiente, satisfaga el criterio de convergencia para la extracción (Conway & Huffcutt, 2003).

Tabla 4.4
KMO y prueba de Barlett

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin	0.59
Prueba de esfericidad de Barlett Chi-cuadrado aproximando	21510.97
Grados de libertad (gl)	630
p-valor	0

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4.5, se muestran los resultados del análisis factorial, mediante el cual se identificaron los ítems que explican una mejor aproximación de correlación entre ítems para cada dimensión, por tanto, se generó una nueva configuración de 3 ítems para cada una, al eliminar aquellos que no satisfacen parámetros planteados por la factorización de ejes principales y niveles de correlación cercana a 1.0 a los

² Proporción de la varianza explicada por los factores comunes en una variable.

observados en la matriz de correlación policórica. Es importante mencionar que derivado de análisis se encontró que, para cada dimensión, sólo 2 ítems explican de mejor manera la correlación entre variables (Figura 4.3b), a excepción de la dimensión tecnología, en la cual se encontró una factorización para 3 de ellos (Figura 4.3a). Sin embargo, desde el marco teórico disponible para la fiabilidad del instrumento se conservaron los 3 óptimos.

Tabla 4.5
KMO y prueba de Bartlett

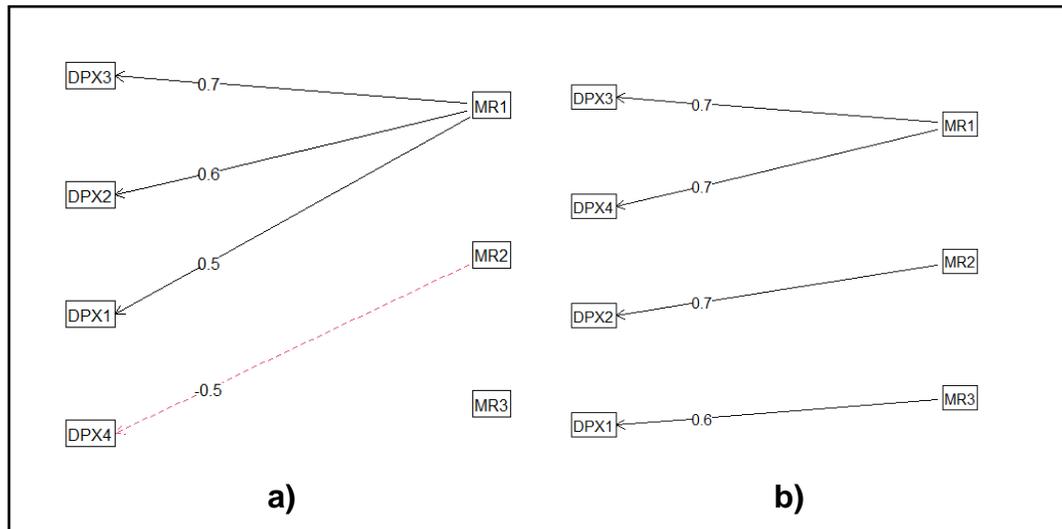
Dimensión	KMO	prueba de Bartlett p-valor	Relación ajuste factor/Ítem (Instru.1)		α Cronbach (Dimensión)
<u>Productos</u>	0.48	4.522e-12	0.651	P1	Previa: 0.2859
			0.487	P2	Posterior: 0.4144
			0.622	P4	
<u>Procesos</u>	0.36	1.506e-10	0.654	P4	Previa: 0.3603
			0.837	P3	Posterior: 0.5153
			0.506	P2	
<u>Organización</u>	0.6	4.801e-15	0.708	P1	Previa: 0.6629
			0.489	P3	Posterior: 0.6649
			0.724	P4	
<u>Estrategia</u>	0.5	2.838e-10	0.682	P3	Previa: 0.6002
			0.537	P2	Posterior: 0.5562
			0.623	P4	
<u>Liderazgo</u>	0.53	8.399e-09	0.455	P2	Previa: 0.2501
			0.522	P3	Posterior: 0.1687
			0.448	P4	
<u>Tecnología</u>	0.61	3.520e-07	0.233	P1	Previa: 0.2996
			0.543	P2	Posterior: 0.5484
			0.492	P3	
<u>Clientes</u>	0.56	1.284e-07	0.461	P1	Previa: 0.4423

			0.616 0.348	P2 P4	Posterior: 0.6068
<u>Empleados</u>	0.51	9.813e-11	0.543	P2	Previa: 0.5281
			0.744 0.509	P3 P4	Posterior: 0.6101
<u>Cultura Digital</u>	0.54	5.784e-06	0.367	P1	Previa: -0.0159
			0.574 0.382	P2 P4	Posterior: 0.4601

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.3

**Gráfico de árbol para análisis factorial
(Dimensión tecnología (a) vs Estrategia (b))**



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4.5 se muestra que para la prueba de esfericidad Bartlett, todos los p-valor son significativos ($p\text{-valor} < 0.05$) por lo que es posible realizar el análisis factorial. Se identificaron los valores de correlación para cada ítem analizado por dimensión, resaltando en rojo aquellos más débiles, sin embargo, fueron

conservados debido a que la confiabilidad de la categoría Dimensión requiere 3 ítems mínimo desde la teoría de Alfa de Cronbach. En la Tabla 4.5 también se adiciona el cálculo del Alfa de Cronbach previo y posterior al análisis factorial exploratorio, donde se observan incrementos en la fiabilidad para cada dimensión.

Se identificaron 2 aspectos relevantes respecto a la validez del (Instr.1), primero que derivado del análisis factorial se identificaron de forma estadística los ítems óptimos para el estudio, inicialmente con 36 reactivos (α Cronbach 0.72) el instrumento fue optimizado a 27 ítems (α Cronbach 0.75) a fin de diseñar el modelo de medición de madurez digital e implementación tecnológica, y segundo, mediante el análisis por dimensiones con 3 ítems para cada una, se obtuvieron valores para el α Cronbach en el rango [0.1687 - 0.6649]; por lo que para determinar un modelo de medición por dimensiones fue necesario agrupar dentro del instrumento con 27 ítems, solo aquellas que en términos de investigación exploratoria y en sus primeras fases puedan ser consideradas en un valor de fiabilidad mayor a 0.5 (Nunnally, 1978; Huh, Delorme & Reid, 2006), para escalas con menos de 10 ítems (Loewenthal, 1996). En la Tabla 4.5 se observan las dimensiones que cumplen con ese criterio de selección (Procesos, Organización, Estrategia, Tecnología, Clientes y Empleados)

4.7 Procedimiento de análisis de información

Para el análisis de los datos obtenidos una vez aplicados los cuestionarios a todos los grupos de estudio, se hizo uso de una hoja de cálculo digitalizada para registrar los datos a fin de ordenar la información obtenida. El análisis estará en su mayoría basado en estadística descriptiva, para lo cual se hará uso del software RStudio (*software for data science*). Cabe mencionar que la investigación será de índole no experimental debido a la ausencia de acciones de manipulación deliberada de variables, es decir, no se puede influir sobre ellas, porque ya sucedieron, al igual que sus efectos. Las MiPymes del sector TI se observarán bajo sus contextos ya existentes, no provocados intencionalmente en la investigación por quien la realiza (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

A continuación, se muestra en la Tabla 4.6 la relación de los objetivos específicos con cada uno de los instrumentos, indicadores e ítems correspondientes para realizar el análisis de los datos recabados a los sujetos de estudio.

Tabla 4.6

Objetivos, indicadores y distribución de ítems de instrumentos

Objetivo específico	Sujeto de estudio	Instrumento	Factores	Indicadores	ÍTEM
1.- Identificar las dimensiones que permitirían medir el nivel de madurez digital e implementación tecnológica en las MiPymes del sector de tecnologías de información en Mérida, Yucatán desde la perspectiva de la Industria 4.0.	Directores generales y gerentes operativos	(Cuestionario1) Preguntas de escala <i>Likert</i>	Nivel de madurez digital e implementación tecnológica	Datos empresariales	1-17
				Productos	1.1 - 1.4
				Operaciones	2.1 - 2.4
				Organización	3.1 - 3.4
				Estrategia	4.1 - 4.4
				Liderazgo	5.1 - 5.4
				Tecnología	6.1 - 6.4
				Clientes	7.1 - 7.4
				Empleados	8.1 - 8.4
Cultura	9.1 - 9.4				
2.- Identificar las capacidades tecnológicas y de innovación que podrían ser desarrolladas por las MiPymes de tecnologías de información en Mérida, Yucatán para facilitar la transición a la Industria 4.0.	Gerentes de tecnologías de información y coordinadores de proyectos de software	(Cuestionario2) Preguntas de escala <i>Likert</i>	Capacidades tecnológicas	Cómputo en la nube	A.1 - A.5
				Big data	A.6 - A.10
				Internet de las cosas	A.11 - A.15
				Inteligencia artificial	A.16 - A.20
			Capacidades de Innovación	Innovación del producto o servicio	B.1 - B.5
				Innovación de procesos	B.6 - B.10
				Innovación tecnológica	B.11 - B.15
Innovación en gestión	B.16 - B.20				
3.- Determinar la posición competitiva del sector de tecnologías de información en Mérida, Yucatán respecto a las ciudades de Querétaro, Jalisco y Nuevo León desde la perspectiva de la Industria 4.0	No aplica	No aplica	Posición Competitiva	Capacidades tecnológicas, innovación, contextos internos y externos, orientación estratégica	No aplica
4.- Proponer estrategias y proyectos de gestión tecnológica para fortalecer la transición a la Industria 4.0 desde la digitalización de las MiPymes de tecnologías de información en Mérida, Yucatán.	No aplica	No aplica	Proyectos de gestión tecnológica y de innovación	(Benjamin & Alzate, 2005; Consuelo et al., 2011; Figueroa, 2016; Ortiz & Pedroza, 2006)	No aplica

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan los principales resultados obtenidos del análisis de la información recabada mediante la aplicación de instrumentos de recolección de datos en empresas del sector TI. Esta información estuvo orientada a dar cumplimiento a los objetivos específicos planteados, mismos que en su conjunto permitieron alcanzar el objetivo general, estimar las características relevantes para identificar el nivel de implementación de la Industria 4.0 en el sector de tecnologías de información en Mérida, Yucatán.

5.1 Consideraciones previas al análisis de resultados

La investigación consideró el diseño y aplicación de 2 instrumentos de recolección de datos, la finalidad de ello fue medir diversos indicadores y dimensiones, presentes en las actividades empresariales del sector de tecnologías de información desde dos ópticas, una de ellas dirigida a los directores generales, de área o departamento (*Instr.1*) y la segunda a gerentes y coordinadores de proyectos de desarrollo de software, desarrolladores seniors y expertos en consultoría especializada en proyectos de software (*Instr.2*). El presente proyecto de investigación pudo recabar la información de 25 empresas del sector TI para su análisis de resultados, quienes mostraron interés en participar y contestaron al menos uno de los instrumentos de recolección de datos, dando una sumatoria de 39 cuestionarios completos.

En la Tabla 5.1 se indica a detalle la distribución de los instrumentos de recolección de datos (*Instr.1* y *Instr.2*), mediante la cual se centra el análisis estadístico y la discusión de resultados, en ella se muestran los códigos de identificación para cada empresa, el o los instrumentos que respondió, es decir, ambos o sólo uno de ellos. Se realizó la suma total de los instrumentos susceptibles de análisis, entre los que destacan 28 cuestionarios respondidos por 14 empresas.

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Tabla 5.1

Relación de empresas y recolección de datos

Empresa	Instr. 1	Instr. 2	Ambos Instr.
1	○		
2	Completo		•
3	○		
4	○		
5		○	
6	Completo		•
7	Completo		•
8	Completo		•
9	Completo		•
10	Completo		•
11		○	
12	○		
13	Completo		•
14	○		
15	Completo		•
16	Completo		•
17	○		
18	Completo		•
19		○	
20	Completo		•
21	Completo		•
22	○		
23	Completo		•
24	Completo		•
25	○		
Sumatoria	8	3	14 (x2)
Total, Instr.1	22		
Total, Instr.2	17		

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Ahora bien, establecidos los parámetros de análisis es necesario identificar los componentes del capítulo. Los resultados se describen en 3 secciones: la primera aborda a las empresas del sector TI desde la percepción de los directores generales, de área o departamento en las organizaciones participantes del estudio, la segunda representa los resultados obtenidos referente a las capacidades tecnológicas y de innovación percibidas por los gerentes, coordinadores y líderes de proyecto en desarrollo de software al interior de la empresa. Finalmente, en una tercera parte de la investigación se abordan los resultados obtenidos para las empresas que respondieron ambas encuestas y se comparan estos indicadores con el objetivo de identificar la posición competitiva del sector TI con respecto a otras ciudades del país.

5.2 Características del sector de Tecnologías de Información

A este respecto, mediante el cuestionario correspondiente se obtuvieron datos de 22 empresas enfocadas al sector de tecnologías de información. A fin de caracterizar a dichas empresas, se solicitaron diversos datos que fungen como atributos únicos del sector TI en Mérida, Yucatán; desde el enfoque de directores generales, de operación, comerciales y de desarrollo, entre otros. De manera inicial, sobre la temporalidad laboral de los encuestados, se obtuvo un rango que va de 2 años como mínimo y 21 años como máximo trabajando en la empresa. El promedio de años de los encuestados al frente de las empresas para la muestra es cercana a los 8 años (7.6), con un intervalo de confianza del 95% que estima la media en años entre [5.4 -9.7]. Sin embargo, el valor más recurrente para un puesto directivo en empresas del sector TI, resultó ser de 5 años.

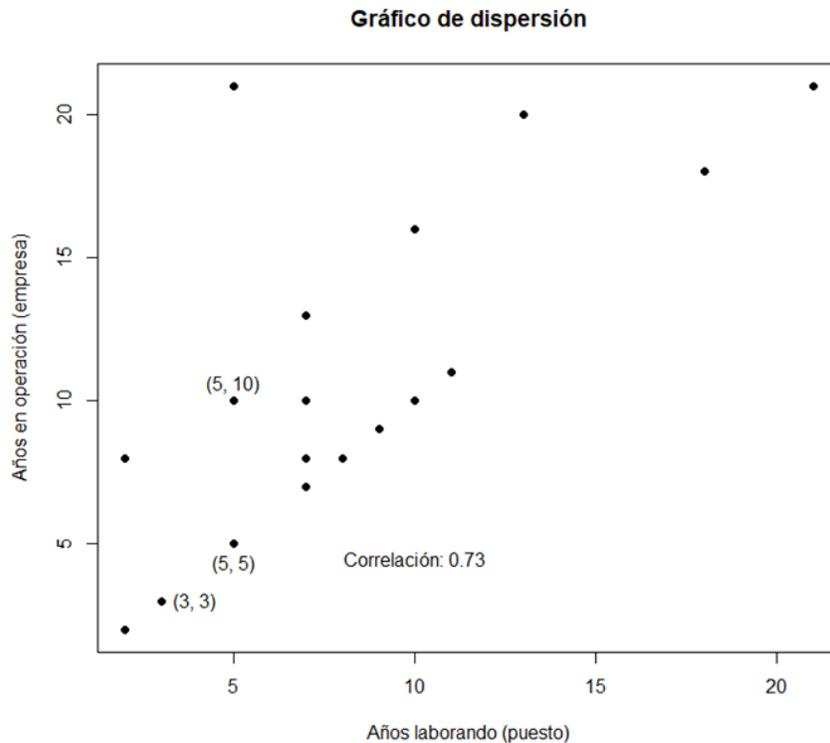
Sobre los años que lleva la empresa operando en el sector, se observa que en su mayoría los datos son consistentes con los años que tiene el encuestado en un puesto directivo en la empresa. Sin embargo, hay una variación entre el promedio de años que lleva la empresa en operaciones respecto al promedio de años que los directivos tienen laborando en la empresa, ya que el promedio en años

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

de operaciones de la empresa es de 10 años (10.1), con un intervalo de confianza del 95% que estima la media en años entre [7.5 - 12.7], lo cual puede significar cambios y reestructuras organizacionales respecto al rol directivo en la empresa. En la Figura 5.1 se muestran los valores obtenidos en años para las variables: años laborando (puesto) y años de operación (empresa). Se puede identificar una relación entre los años laborales de puestos altos o directivos más longevos y los años de operación de la empresa. Las coordenadas identificadas en la gráfica - (5,10),(5,5),(3,3) - apuntan a las combinaciones más presentes en la muestra n=22; 3, 2 y 2 veces respectivamente. También se identificaron casos atípicos que muestran puestos de trabajo con menor tiempo en la empresa respecto a la edad operativa de la misma.

Figura 5.1

**Gráfico de dispersión para variables:
años laborando (Puesto) y años operando (Empresa)**



Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Respecto al número de empleados en la empresa, se analizó la mediana de los datos al ser este un estimador más puntual, para identificar la posición central del conjunto de datos de la muestra; ya que se obtuvieron valores extremos susceptibles a la no consideración del promedio. De tal forma que, con un intervalo de confianza del 95% para la mediana, es posible estimar que las empresas de la muestra tienen entre [9.9 y 40.2] empleados. En otro contexto, se les preguntó a los encuestados sobre la función principal de la empresa, el 45.4% identificó el desarrollo de software como su actividad principal, siendo el 36.3% de las empresas quienes reconocen tanto al desarrollo de software y la consultoría especializada en TI como actividades principales en igualdad de importancia. Solo el 18.1% menciona que la consultoría en proyecto TI es su principal actividad empresarial en el sector TI.

Por otro lado, en el rubro de certificaciones relacionadas con estas actividades (desarrollo de software y consultoría especializada en TI) el 68.1% de las empresas mencionó no contar con ninguna certificación aun cuando la pregunta realizada involucró la opción “otras certificaciones” con la intención de incorporar aquellas distintas a las presentes como opciones de respuesta en el instrumento (CMMI, NYCE-MoProSoft e ISO/IEC). A ese respecto, 13.6% de las empresas cuentan con las certificaciones CMMI y MoProSoft. Un 18.1% de las empresas expresó que cuentan con otras certificaciones, por lo que se identificaron certificaciones relacionadas con el correcto uso de hardware y soluciones de desarrollo (Microsoft), nuevas tecnologías relacionadas con la gestión y seguridad de datos (Synology, Acronis), buenas prácticas en la gestión de proyectos mediante (SCRUM) y sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP).

Sobre el ámbito de la actividad empresarial, 36.6% de las empresas consideran que principalmente se desenvuelven en el contexto nacional. El 18.1% de las empresas desarrollan sus actividades principalmente orientadas en el ámbito local. El 22.6% de las empresas se perciben a sí mismas desarrollando productos y servicios en el sector TI en el ámbito multinacional y regional respectivamente. En

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

relación con el ámbito de la actividad empresarial, se encontró que del total de la muestra solo el 68.1% de las empresas estaban afiliadas a una cámara o asociación internacional, nacional o regional del sector TI. También se encontró que el 54.5% de las empresas no se consideran parte de un grupo interrelacionado de empresas (cluster) en tecnologías de información en el estado de Yucatán. Este análisis de datos permite identificar con mayor claridad una problemática del sector TI en su contexto externo, relacionada con la agrupación de este sector en micro-clusters, conformados por pocas empresas de software, donde no se han especificado los sectores económicos e industriales regionales relacionados con el desarrollo de TI en Yucatán, ni los objetivos que persiguen (Alianza estratégica, comercial, de investigación y desarrollo).

Sobre los apoyos de fondos y/o programas federales disponibles (Prosoft, CONACYT, etc.) a los cuales es posible tener acceso como parte de un sector empresarial o industrial, el 68.1% de las empresas refiere no haber obtenido apoyo alguno, contra un 31.8% de quienes sí han tenido tales beneficios. Siguiendo el contexto financiero, el 50% de las empresas ha posicionado algún desarrollo de software mediante la figura de licenciamiento, lo cual deriva en ingresos a mediano y largo plazo.

Respecto al fortalecimiento organizacional, financiero y de capacidades operativas dentro de la empresa, se encontró que el 54.5% de las empresas cuenta con un socio o alianza estratégica en otros estados del país, lo cual se relaciona con el ámbito de la actividad empresarial descrito anteriormente y que se desarrolla en su mayoría en el país. Los estados mencionados a este respecto fueron: Nuevo León, Ciudad de México, Estado de México, Quintana Roo, Chiapas, Veracruz, San Luis Potosí, Campeche y Baja California Sur.

Las empresas de desarrollo de software y/o consultoría especializada en tecnologías de información en Mérida, Yucatán consideran en un 86.3% como insuficientes y fallidas las estrategias gubernamentales en torno al sector TI. El 90.9

% de las empresas del sector considera la expansión internacional para acceder a nuevos clientes. Sin embargo, sólo el 54.5% de las empresas realiza un estudio de mercado para caracterizar a nuevos clientes y tecnologías. De las opciones disponibles sobre la periodicidad para realizar tales actividades de Benchmarking (anual, semestral y trimestral), el 33% de las empresas realiza dicha actividad de manera trimestral, mismo porcentaje para las otras opciones posibles.

5.3 Dimensiones de madurez digital e implementación tecnológica

En este apartado, presente en el instrumento de recolección de datos, las empresas a través de la visión de sus directores generales, operativos, comerciales y de desarrollo indicaron mediante una escala Likert, la frecuencia con la que realizan ciertas acciones, procesos, proyectos, estrategias, políticas, para cada una de las 9 dimensiones que fueron evaluadas con el fin de medir la madurez digital con la que cuentan y cómo esta puede significar un componente de transición a la Industria 4.0 desde tecnologías habitadoras que son óptimas para su desarrollo por parte del sector TI, para lo cual cada dimensión consta de 4 ítems o reactivos. Se realizaron análisis estadísticos para cada dimensión y se graficaron cada uno de los reactivos que la componen con base en las respuestas emitidas en la escala. En el Anexo 1 de la presente investigación se pueden consultar a detalle las preguntas (P1 – P4) que conforman cada una de las 9 dimensiones descritas. En cada una de las gráficas es posible notar un orden de pregunta en función de aquella con el mayor porcentaje de respuesta en los valores altos en la escala de Likert (4 y 5).

En la Figura 5.2, se puede observar que para la dimensión productos, se encontró que el 81.7% de las empresas considera que la digitalización empresarial modifica constantemente sus modelos de negocio y la propuesta de valor de sus productos y servicios de software (P1). Sobre la frecuencia con que la empresa fomenta el desarrollo de nuevos productos de software en el ámbito de la industria manufacturera y de servicios, relacionados con logística, comercio electrónico,

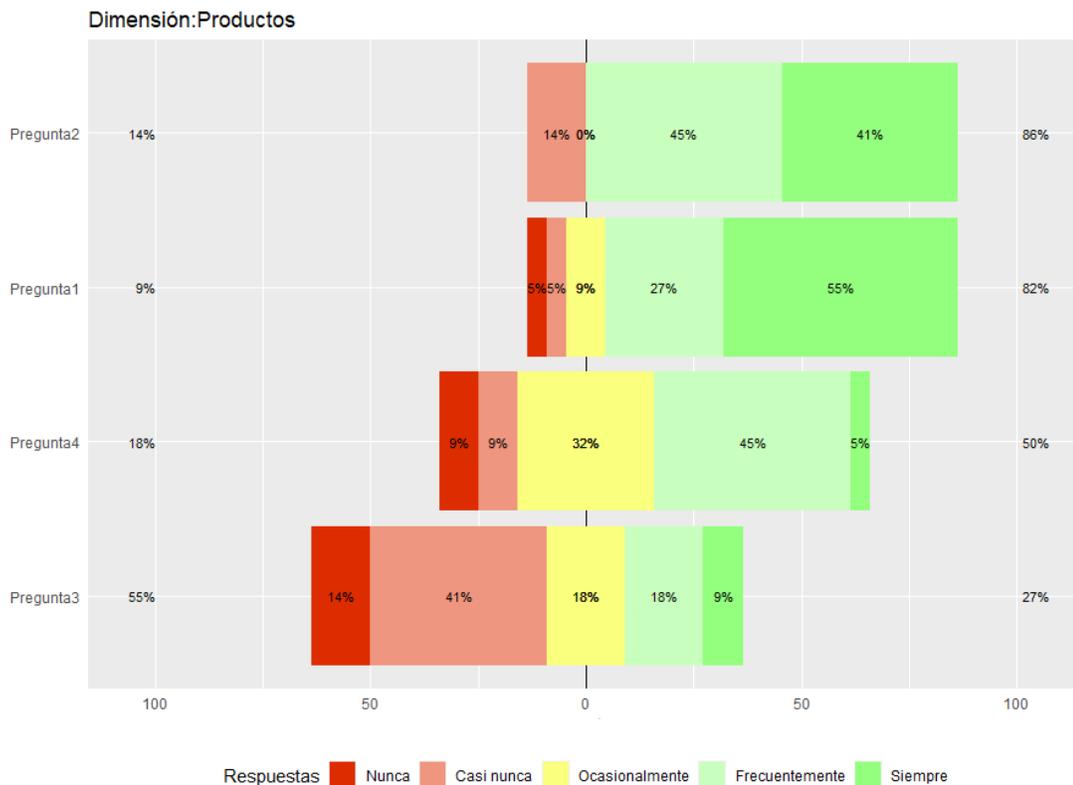
CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

servicio al cliente y automatización de inventarios vía software, el 86.3% concuerda en que continuamente se encuentra abordando esa temática (P2).

En la dimensión productos y la Industria 4.0, el 40.9% de las empresas casi nunca se encuentra incorporando paquetes tecnológicos relacionados al uso de algoritmos enfocados al aprendizaje automático (Machine learning) en el desarrollo de nuevos productos de software (P3). En ese sentido, el 45.4% de las empresas considera que la digitalización industrial incrementará el desarrollo de software enfocado al hardware, es decir, sistemas de control por sensores y microcontroladores, frente a un 31.2% que considera ese proceso de manera ocasional en el desarrollo de productos (P4).

Figura 5.2

Gráfico para comparación de respuestas: dimensión productos



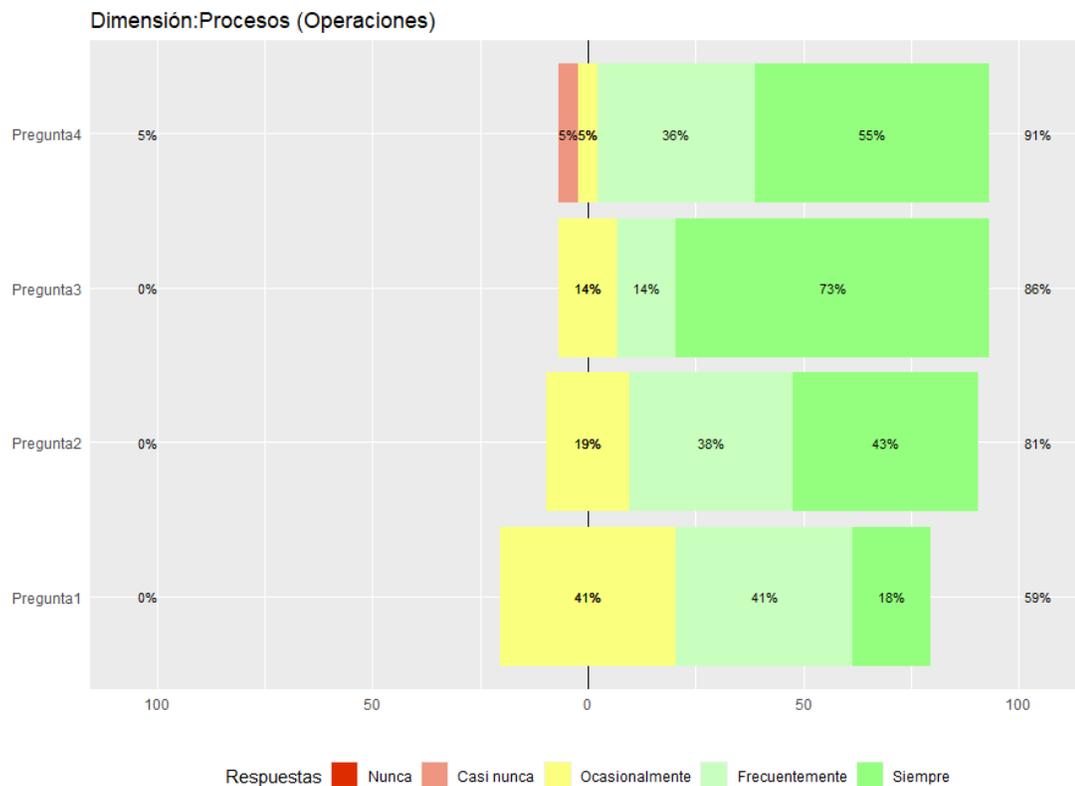
Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Sobre la dimensión procesos (Operaciones), representada en la Figura 5.3, se obtuvo que el 40.9% de las empresas consideran como ocasional la frecuencia con que al interior de la organización se han automatizado procesos de gestión financiera o documental (P1). Sobre la digitalización de información para la toma de decisiones operativas, el 80.9% de las empresas evaluaron como siempre y frecuentemente el uso de la digitalización (P2). De manera invariable, el 72.7% de las empresas manifestó siempre utilizar software para la administración de proyectos, adicionalmente un 13.6% evaluó como frecuentemente el uso de herramientas de software para tal fin (P3). Sobre la seguridad informática en los procesos de desarrollo de software y gestión de operaciones, el 54.5% de las empresas siempre utiliza protocolos que permitan la seguridad de la información que utilizan contra un 4.5% que refiere casi nunca usarlos (P4).

Figura 5.3

Gráfico para comparación de respuestas: dimensión procesos



Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la Figura 5.4 se graficaron los resultados obtenidos para la dimensión organización. El 63.6% de las empresas manifiestan siempre promover el desarrollo de nuevas habilidades organizacionales entre sus integrantes. En este aspecto, ninguna empresa evaluó como nunca o casi nunca este rubro (P1). Sobre la frecuencia con la que los objetivos estratégicos de la empresa, son modificados de acuerdo a las condiciones externas o internas, el 22.7% de las mismas manifestó que ocasionalmente realizan modificaciones al respecto (P2). Entre los puntajes altos de la escala Likert utilizada, es decir, frecuentemente=4 y siempre=5, el 81.8% de las empresas identificó que la digitalización de procesos de administración o gerenciales modifica la interacción entre áreas de trabajo (P3). Sobre la dimensión organización y la Industria 4.0 en particular, existe un 40.9 % de las empresas manifestó que ocasionalmente, casi nunca o nunca, realizan ajustes organizacionales estratégicos y/o estructurales para desarrollar proyectos relacionados con las tecnologías habilitadoras de la cuarta revolución industrial (P4).

Figura 5.4

Gráfico para comparación de respuestas: dimensión organización



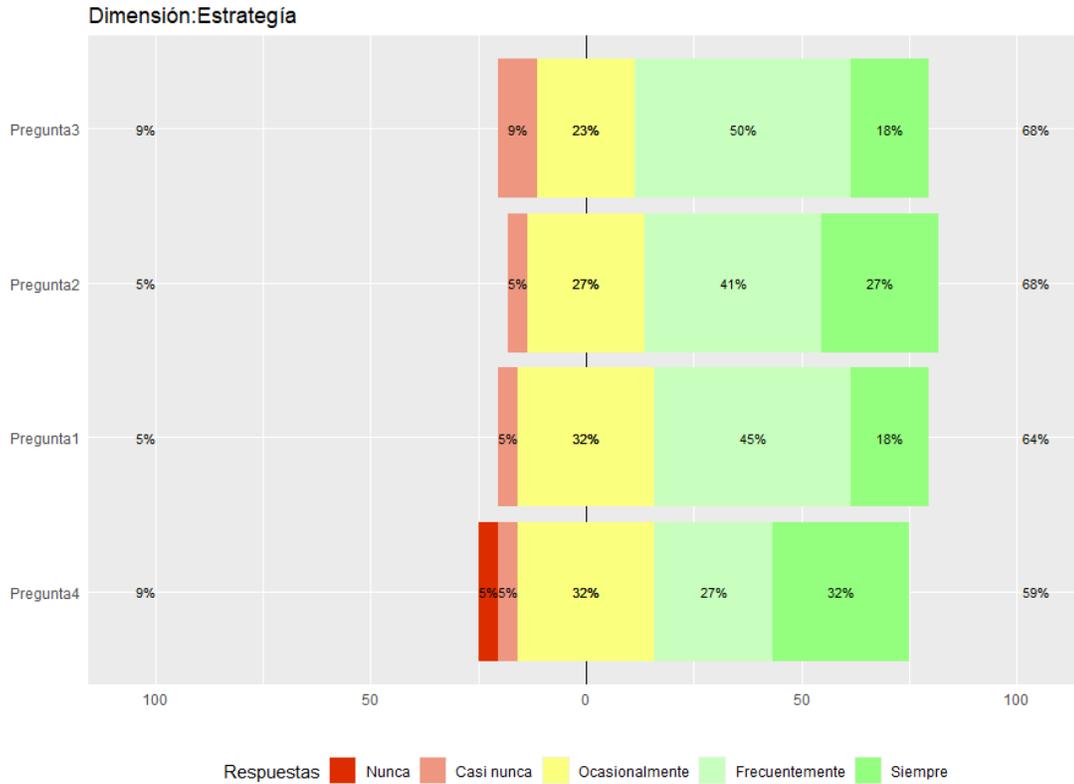
Fuente: Elaboración propia.

En el análisis de la dimensión estrategia, se encontró que un 31.8% de las empresas diseña ocasionalmente estrategias de transformación digital dentro de su plan anual de trabajo (P1). Este resultado es consistente con el 27.2% de empresas que ocasionalmente planifican e invierten recursos para la transformación digital al interior de sus áreas operativas, el mismo porcentaje que afirmó siempre realizar dicha acción (P2); un 40.9% de las empresas manifestó que frecuentemente realizar planeación e inversión respecto a ese tema y un 50% de ellas implementa frecuentemente estrategias de innovación empresarial a su modelo de negocio por causa de la digitalización industrial y empresarial (P3). Al vincular la dimensión estrategia con la Industria 4.0, particularmente para conocer si la empresa considera dentro de la planificación estratégica el desarrollo de proyectos de software enfocados a inteligencia artificial, internet de las cosas, Big Data y Software

as a Service (SaaS), el 31.8% manifestó decididamente hacerlo, sin embargo, en un mismo porcentaje 31.8% lo realiza ocasionalmente (P4). (ver Figura 5.5)

Figura 5.5

Gráfico para comparación de respuestas: dimensión estrategia



Fuente: Elaboración propia.

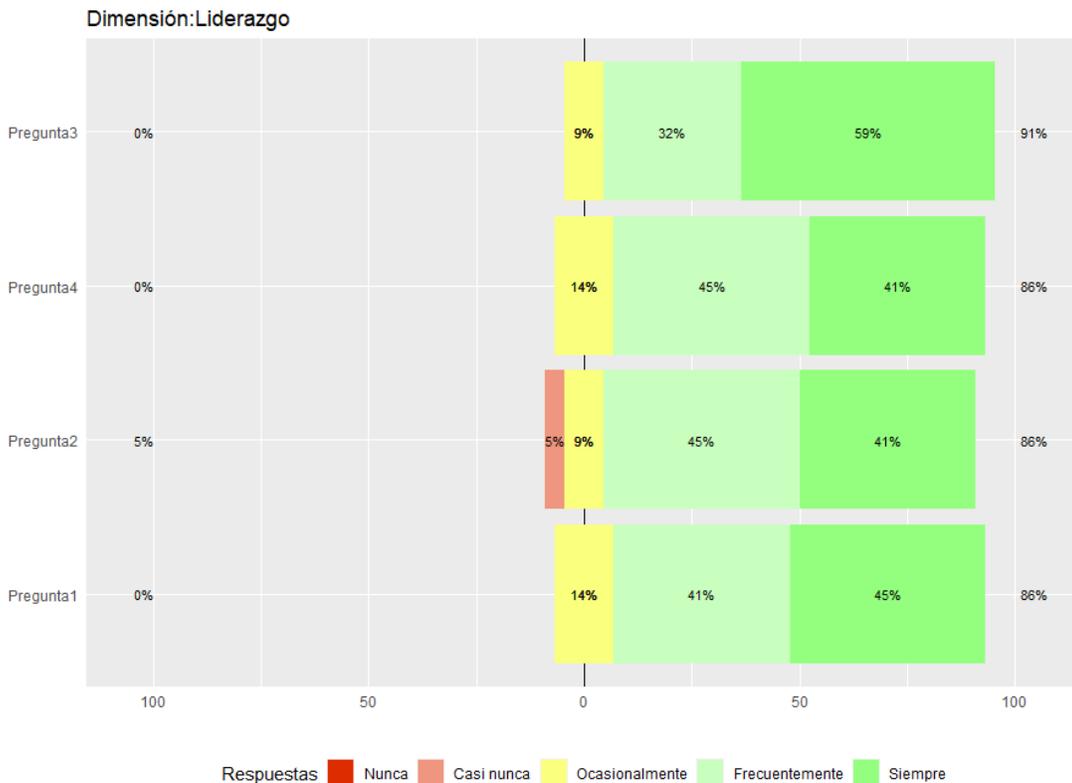
En la dimensión liderazgo, representada en la Figura 5.6, el 86.3% de las empresas del sector TI mencionó promover frecuentemente y siempre la visión y misión de la organización al interior de los equipos de trabajo (P1). En un porcentaje similar, las empresas adaptan y/o actualizan competencias de gestión directiva derivado de la ejecución de nuevos proyectos tecnológicos (P2). Esta dimensión se basada particularmente en la percepción de los mandos directivos sobre sus propias actividades y dentro de los resultados se identificó que un 59% de ellos considera que siempre es necesario guiar o dirigir a los miembros del grupo para el logro de objetivos (P3). Finalmente, sobre la comunicación directiva para el

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

seguimiento de proyectos y análisis de resultados a través de medios digitales, el 40.9% de los directivos consideró que siempre tal comunicación es efectuada de esa forma (P4). Los datos nos permiten inferir que el director general considera que siempre debe dirigir, sin embargo, 14% de ellos lo hacen ocasionalmente por medios digitales.

Figura 5.6

Gráfico para comparación de respuestas: dimensión liderazgo



Fuente: Elaboración propia.

Sobre la dimensión tecnología, el 54.5% de las empresas refirió invertir en nuevas tecnologías frecuentemente para mejorar procesos de desarrollo, marketing y servicio al cliente (P1). Un porcentaje similar para el mismo valor de la escala, se observó al preguntar sobre el uso de infraestructura TIC actualizada en áreas clave de la empresa, donde incluso el 100% se ubicó en los rangos altos de la escala (P2). Sin embargo, cuando se cuestionó sobre si la empresa utiliza y/o desarrolla

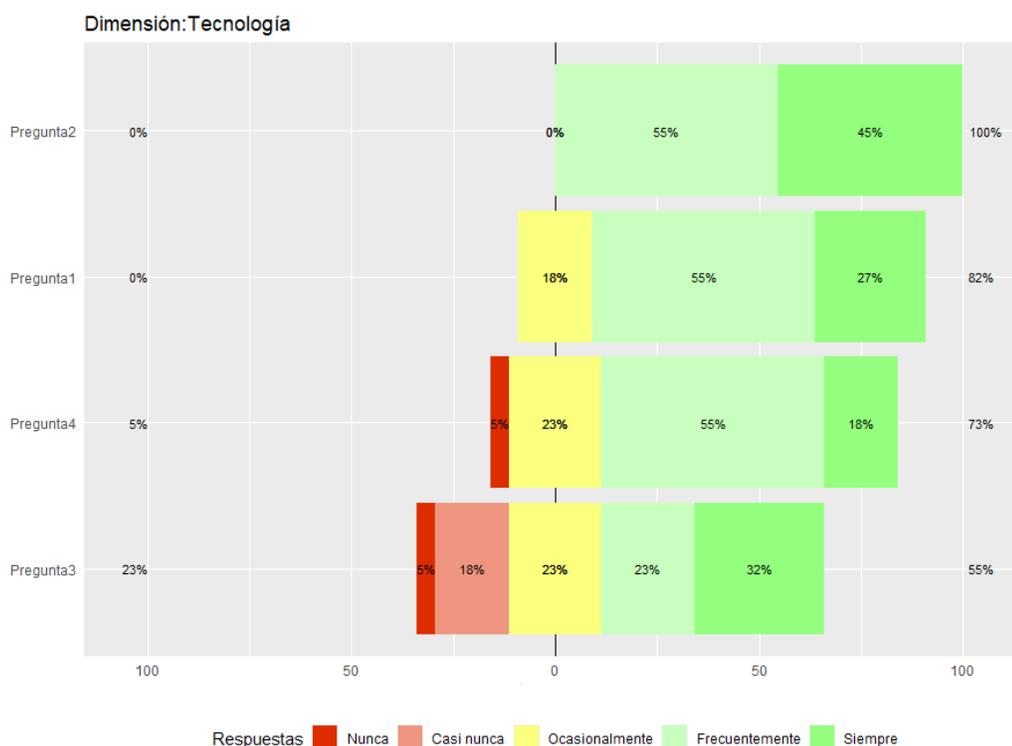
CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

software as a service (SaaS) en proyectos industriales, los porcentajes apuntaron a la variabilidad, ya que un 22.7% identificó esta acción como ocasional y un 18.8 % como casi nunca (P3).

Un 55% de las empresas afirmó desarrollar SaaS, lo cual es consistente con el 50% de empresas que cuentan con licenciamiento de sus sistemas informáticos. En el tema de la transformación digital basada en software y hardware libre, el 54.5% de las empresas consideran frecuente el uso de herramientas tecnológicas de uso libre como parte del desarrollo de proyectos (P4). Sin embargo, un 22.7% lo considera su uso como ocasional (Figura 5.7).

Figura 5.7

Gráfico para comparación de respuestas: dimensión tecnología



Fuente: Elaboración propia.

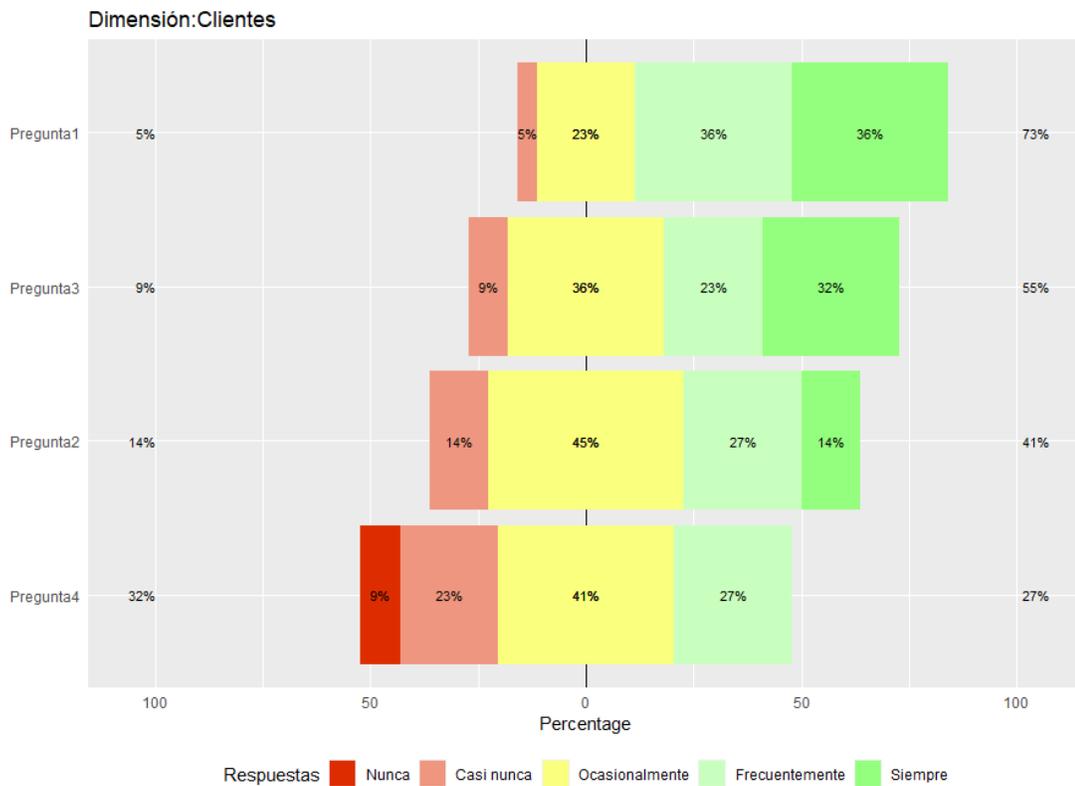
CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la Figura 5.8, se muestran los datos obtenidos para las empresas de la muestra dentro de la dimensión clientes, el 36.3% de las empresas identificó que siempre realizan la atención y servicio al cliente por medios digitales, como un sitio web y redes sociales, solo el 22.7% mencionó como ocasionalmente la realización de tales actividades (P1). Sobre el uso de datos como estrategia de negocio, el 45.4% de las empresas mencionó utilizar ocasionalmente servicios como Search Engine Optimization (SEO) / Search Engine Marketing (SEM), en su página web y buscadores, esto significa identificar el comportamiento de sus clientes al monitorear su navegación en internet, a fin de posicionar estrategias de marketing y anuncios. A este respecto, 40.8% de las empresas evaluaron como frecuentemente y siempre el uso de estos servicios como estrategia de negocios en medios digitales e internet (P2).

Finalmente, sobre el uso de herramientas digitales para medir la satisfacción del cliente (Customer Relationship Manager (CRM)), solo el 31.8% de las empresas lo utiliza. Una de las características de estas herramientas es el registro de datos de los clientes para optimizar la comunicación, básicamente un directorio digital de los mismos, con la posibilidad de gestionar cada proceso de venta individual y nivel de satisfacción (P3). El 40.9% de las empresas mencionaron que ocasionalmente, utilizan y/o desarrollan tecnologías con enfoque de marketing, por ejemplo, ChatBots para la automatización del proceso inicial de venta o comunicación, inteligencia artificial y aplicaciones de reconocimiento de imágenes y lenguaje natural. A ese porcentaje se suman el 22.7% que refirió casi nunca hacer uso de dichas tecnologías (P4).

Figura 5.8

Gráfico para comparación de respuestas: dimensión clientes



Fuente: Elaboración propia.

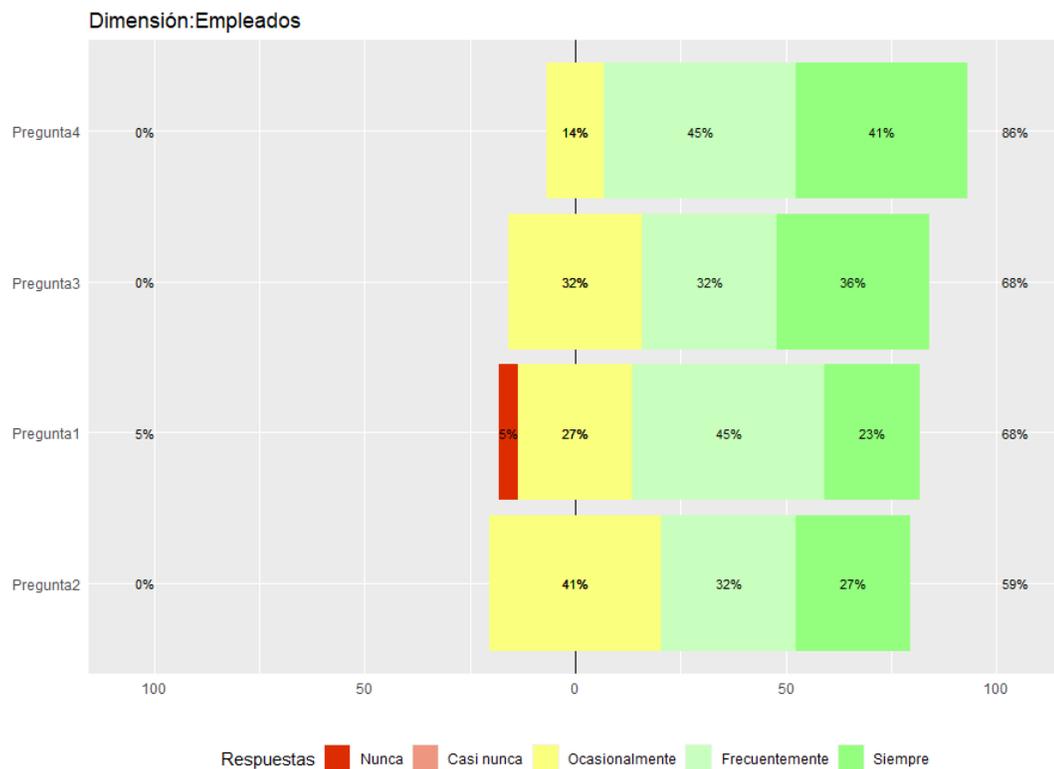
Otro aspecto para evaluar dentro del instrumento de recolección de datos fue la información sobre la dimensión de empleados. En la Figura 5.9, se muestra que, a ese respecto, el 45.4% de las empresas asegura que sus empleados aplican de manera frecuente nuevas metodologías de desarrollo y gestión de proyectos de software (P1). Sin embargo, al cuestionarlas sobre la promoción de programas de formación y mecanismos de certificación de competencias profesionales relevantes para los empleados, el 40.9% mencionó realizar dicha promoción de manera ocasional (P2). Para las empresas, desde la percepción de sus mandos directivos, existen posturas entorno a fomentar el desarrollo de soft-skills dentro de los equipos de trabajo, tales como: la creatividad, el pensamiento crítico, la cooperación y la comunicación asertiva, donde un 36.6% lo realiza siempre, un 31.2% frecuentemente y 31.8% de manera ocasional (P3).

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Cabe destacar que, tanto en el fomento de habilidades blandas (soft-skills) como en considerar que la transformación digital global está redefiniendo el perfil profesional que la empresa y que el mercado laboral requiere, las respuestas nunca y casi nunca no fueron seleccionadas. El 40.9% de las empresas considera decididamente la transición del perfil profesional frente a la transformación digital global, un 45.4% como frecuente y un 13.6% como ocasional (P4).

Figura 5.9

Gráfico para comparación de respuestas: dimensión empleados



Fuente: Elaboración propia.

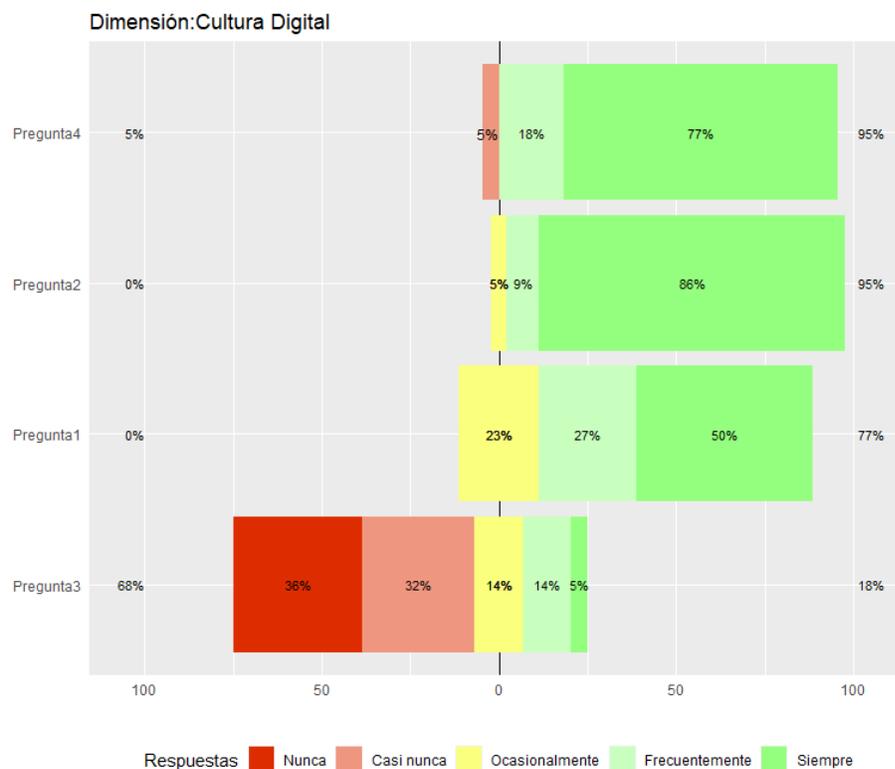
Finalmente, como parte de las nueve dimensiones a medir, la cultura digital fue evaluada entre las empresas del sector TI. En la Figura 5.10, se muestra que el 50% de las empresas mencionaron siempre promover el acceso al conocimiento mediante plataformas de aprendizaje on-line (P1). Igualmente, un 86.3% promueve

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

siempre que todo integrante de la empresa cuente con correo electrónico empresarial, cloud storage, equipo de cómputo y acceso a internet (P2). Sobre si las empresas consideran que la digitalización limita la comunicación verbal en la empresa, aislando a sus integrantes, el 68.1% considera que nunca o casi nunca ocurre tal fenómeno (P3). En cuanto, utilizar a la digitalización como parte de la modalidad laboral que contribuya al trabajo remoto o teletrabajo, mediante el uso de plataformas como ZOOM, Microsoft Teams, Google Meet, entre otras, solo una empresa de la muestra mencionó casi nunca hacer uso de tales plataformas, el resto de ellas utiliza frecuentemente y siempre estas herramientas TIC en su modalidad laboral actual (P4).

Figura 5.10

Gráfico para comparación de respuestas: dimensión cultura general



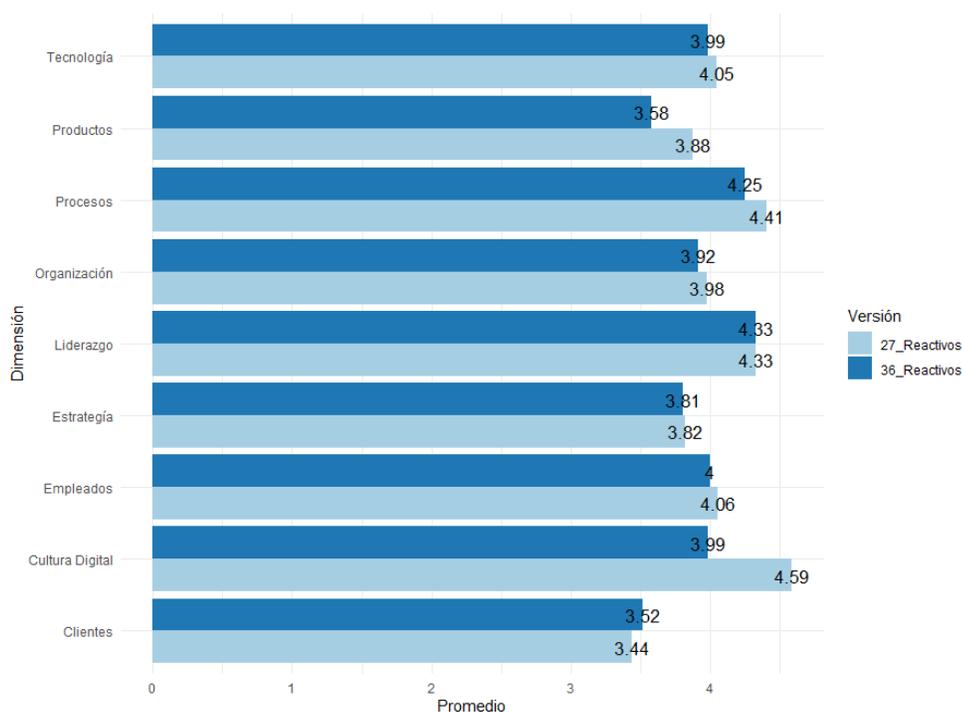
Fuente: Elaboración propia.

5.3.1 Análisis de dimensiones de madurez digital e implementación tecnológica en el sector TI en Mérida, Yucatán

Una vez evaluadas las 9 dimensiones de forma individual, es necesario analizar los datos de manera integral a fin de identificar en su conjunto, el comportamiento de los datos. En la Figura 5.11 se muestran visibles los promedios por dimensión para el total de la muestra, con los ajustes de reactivos (36 y 27) en función de los coeficientes de fiabilidad y validez correspondientes. Se obtuvo un puntaje general comparativo en búsqueda de asignar un valor cuantitativo al proceso de implementación de la Industria 4.0 y de transformación digital en el sector TI, con base en las empresas que conformaron la muestra y con el objetivo de comparar estas características de manera individual y asimismo identificar la posición competitiva del sector de tecnologías de información en Mérida, Yucatán respecto a las ciudades de Querétaro, Jalisco y Nuevo León desde la perspectiva de la Industria 4.0.

Figura 5.11

Gráfica de barras para la evaluación promedio de las 9 dimensiones con ajustes de fiabilidad para n=22.



Fuente: Elaboración propia.

5.4 Estimación del modelo de medición de madurez digital e implementación tecnológica

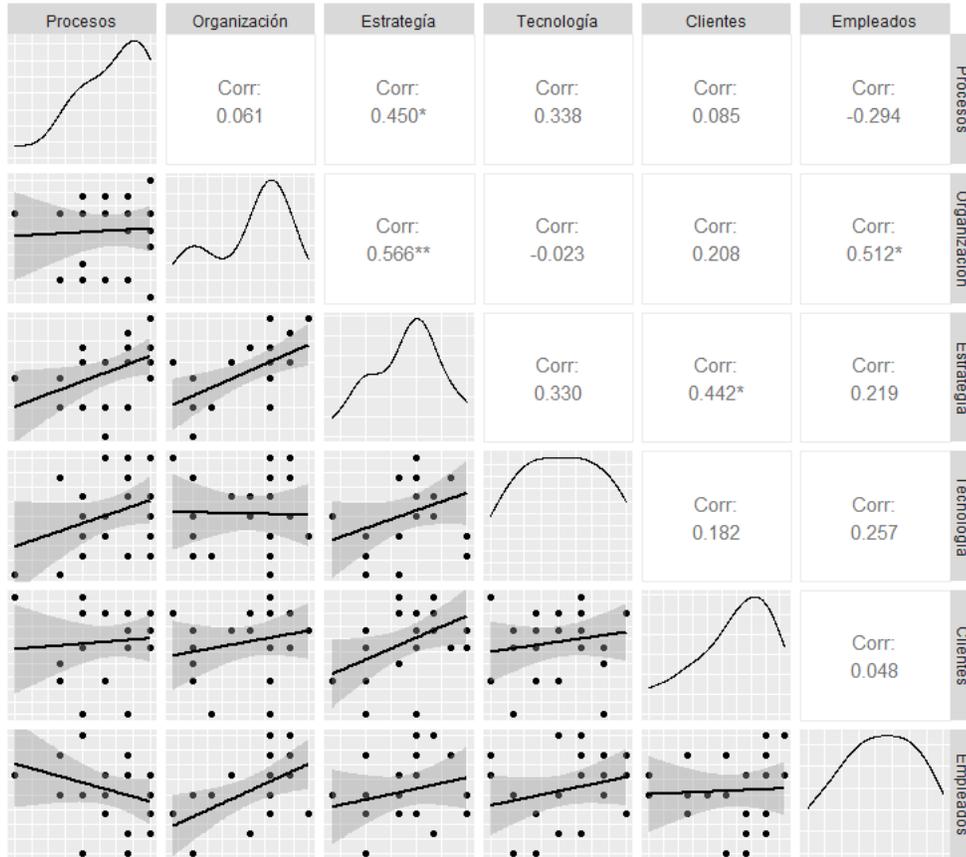
A partir de las 6 dimensiones seleccionadas bajo las consideraciones planteadas respecto a su fiabilidad y validez, se analizaron los datos con los promedios de las dimensiones para cada empresa participante en estudio (n=22): Empleados, Clientes, Organización, Procesos, Estrategia y Tecnología. Con el objetivo de generar un modelo de regresión lineal múltiple que explique el fenómeno planteado, bajo la pregunta ¿A través de qué dimensiones es posible explicar la madurez digital e implementación tecnológica del sector TI en Mérida, Yucatán? Para aproximar un modelo que responda esa cuestión fue necesario realizar un análisis exploratorio, la estimación de parámetros y pruebas de hipótesis, también la verificación de los supuestos: análisis de varianza, detección de multicolinealidad, verificación de supuestos y finalmente comprobar a través del coeficiente R^2 , como medida de bondad de un ajuste de regresión, si el modelo explica el comportamiento de las variables.

5.4.1 Análisis exploratorio

En la Figura 5.12, se muestra el diagrama de dispersión para n=22 en las 6 dimensiones, se observaron patrones con una tendencia lineal positiva entre el conjunto de datos pareados (x,y) para las dimensiones (Estrategia, Procesos), (Clientes, Estrategia), (Estrategia, Organización), (Empleados, Organización). Así mismo, se observó que existen patrones con tendencia lineal negativa. Las demás combinaciones visibles presentan patrones más dispersos que es necesario modelar mediante un modelo de regresión lineal (RLM), para ello debe suponerse que se tienen K variables independientes X_1, X_2 y X_k , numéricas, por lo que se propone $\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_k X_k + \varepsilon$ con parámetros $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ y β_k . De igual forma, se muestra la matriz de correlaciones de Pearson que permite evaluar qué variables están correlacionadas entre sí, así como las direcciones e intensidades (Triola, 2004).

Figura 5.12

Diagrama de dispersión 6 dimensiones



Fuente: Elaboración propia.

5.4.2 Estimación de parámetros y pruebas de hipótesis

Mediante el software para ciencia de datos RStudio se obtuvo la Tabla 5.2, donde se estimaron los parámetros correspondientes para desarrollar un modelo de regresión lineal múltiple, las pruebas de significancia de la regresión y la variable dependiente e independientes del modelo (a). La implementación de la Industria 4.0 en el sector TI tiene un elemento de unión clave, el capital humano. Por tanto, la dimensión empleados fue la variable dependiente del modelo y las variables independientes, las dimensiones estrategia, procesos (operaciones), tecnología, clientes y organización. Se muestra que para β_0 , el p-valor=0.0224 es significativo

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

con $\alpha = 0.05$, es decir, dicho parámetro relativo al intercepto del modelo (a) expresa una relación significativa entre variables y no debemos descartarlo. Para los p-valor referente a cada parámetro $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ sólo son significativos (**p-valor<0.05**), β_2 =Procesos, β_3 =Tecnología y β_5 = Organización, es decir, rechazamos la hipótesis nula, por tanto, los parámetros expresan una relación significativa entre variables.

Tabla 5.2
Estimación de parámetros y prueba de hipótesis

Parámetros	Coeficientes	Std. Error	t value	p-valor <i>Pr(> t)</i>
β_0 - Empleados / Y_1	2.98386	1.18067	2.527	<u>0.0224</u> *
β_1 - Estrategia / X_1	0.01546	0.23215	0.067	0.9477
β_2 - Procesos / X_2	-0.52129	0.22026	-2.367	<u>0.0309</u> *
β_3 - Tecnología / X_3	0.41886	0.17692	2.368	<u>0.0308</u> *
β_4 - Clientes / X_4	-0.10319	0.16668	-0.619	0.5446
β_5 - Organización / X_5	0.49803	0.19227	2.590	<u>0.0197</u> *
R^2 Ajustada: 0.4006	R^2 Multiple: 0.5433	Prueba de hipótesis $\alpha=0.05$ $H_0: \beta_i = 0$ $H_1: \beta_i \neq 0$		

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5.3 se muestran los coeficientes obtenidos del reajuste al modelo (a) estimando nuevamente sólo los parámetros significativos β_0 = Empleados β_2 =Procesos, β_3 =Tecnología y β_5 = Organización, asimismo se muestran las pruebas de hipótesis para dichos parámetros, por lo que el modelo (a) que explica la dimensión empleados es $\hat{Y} = 2.784 - 0.516X_2 + 0.402X_3 + 0.484X_5$. También debe notarse que el coeficiente de determinación R^2 ajustada indica que el 45.32% de la variación total de \hat{Y} es explicada por la variación de las X_i en el modelo obtenido para n=22. Para validar el modelo (a) fue necesario realizar la verificación de supuestos.

Tabla 5.3

Reajuste del modelo (a) en parámetros y pruebas de hipótesis

Parámetros	Coefficientes	Std. Error	t value	p-valor <i>Pr(> t)</i>
β_0 - Empleados / Y_1	2.7848	1.0207	2.728	0.01380 *
β_2 - Procesos / X_2	-0.5160	0.1878	-2.748	0.01324 *
β_3 - Tecnología / X_3	0.4023	0.1608	2.501	0.02226 *
β_5 - Organización / X_5	0.4846	0.1423	3.405	0.00316 **
Residuos				
Min	1Q	Media	3Q	Max
-0.72542	-0.37055	0.06568	0.37949	0.60812
R^2 Ajustada: 0.4532	R^2 Múltiple: 0.5313	Prueba de hipótesis $\alpha=0.05$ $H_0: \beta_i = 0$ $H_1: \beta_i \neq 0$		

Fuente: Elaboración propia.

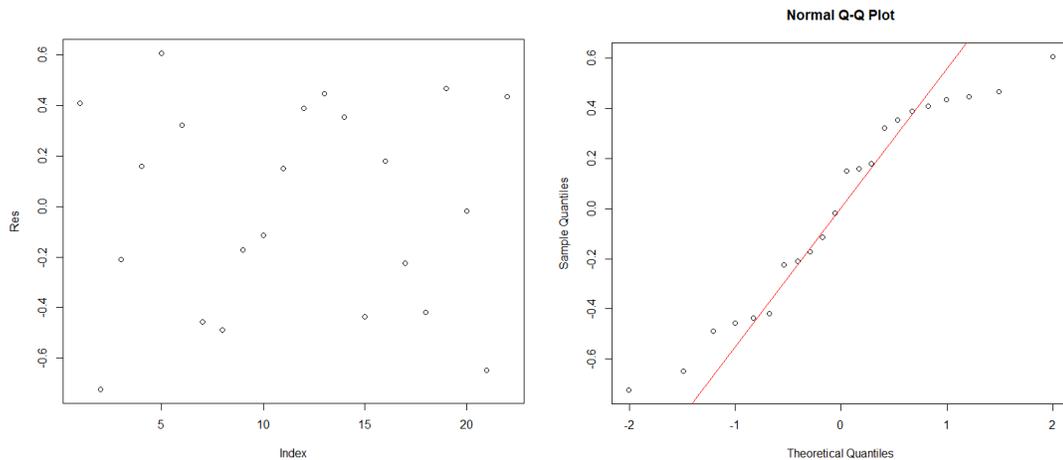
5.4.3 Verificación de supuestos

Antes de aseverar la funcionalidad del modelo de regresión lineal múltiple (RLM) fue necesario verificar 2 supuestos principales, con el objetivo de validar los resultados obtenidos, estos son normalidad en los valores residuales o errores (ϵ) y homocedasticidad.

Supuesto de normalidad, bajo la hipótesis nula de que los datos provienen de una distribución normal, los datos sometidos al análisis son los valores residuales o errores (ϵ) que presenta la ecuación RLM. Previo a realizar las pruebas de normalidad fue necesario graficar los errores, en la Figura 5.13 se muestra el gráfico de residuos y normalidad para los errores de $n=22$. En este último, se observan valores dispersos, por lo que fue necesario establecer pruebas estadísticas de bondad de ajuste, para calcular si una distribución normal se ajusta al conjunto de datos.

Figura 5.13

Gráfico de residuos y normalidad para errores; n=22



Fuente: Elaboración propia.

Para verificar el cumplimiento del supuesto de normalidad para n=22, se utilizaron las pruebas mostradas en la Tabla 5.4, la prueba Shapiro-Wilk (**p-valor=0.1339 > 0.05**), resultó no significativa, por tanto, no hay evidencia estadística para rechazar la distribución normal de los datos. Adicionalmente, se utilizó la prueba Anderson-Darling, su p-valor resultó no significativo para $\alpha=0.05$, validando la conclusión previa.

Tabla 5.4

Prueba de normalidad para residuos

Prueba	Estadístico	p-valor
Shapiro-Wilk	W= 0.93181	0.1339*
Anderson-Darling	A= 0.56314	0.1278

*La prueba de Shapiro Wilk está considerada como la prueba más potente para muestras inferiores a 30 casos.

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se obtuvo la verificación del supuesto de homocedasticidad, que es una característica de un modelo de regresión lineal que implica que la

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

varianza de los errores es constante o de igual dispersión a lo largo del tiempo. En la Tabla 5.5 se muestran los resultados obtenidos mediante RStudio en ambas pruebas. La prueba 1, calcula una prueba de puntuación de la hipótesis de la varianza del error constante, frente a la alternativa de que la varianza del error cambia con el nivel de la respuesta (valores ajustados) o con una combinación lineal de predictores (Fox & Weisberg, 2019), la prueba 2, consiste en ajustar un modelo de regresión lineal con variable respuesta dada por residuales del modelo original al cuadrado e_i^2 y como covariables las variables del modelo original (Cook & Weisberg, 1983). En ambos casos se concluye que se tiene la misma varianza a partir del p-valor $> 0,05$ obtenido para ambas, los cuales fueron no significativos para rechazar H_0 .

Tabla 5.5

Prueba de homocedasticidad / modelo (a)

No.	Prueba / función	Estadístico	p-valor
1	Non-constant Variance Score Test / ncvTest ()	Chisquare = 0.01360908	0.90713
2	studentized Breusch-Pagan test / bpTest ()	BP = 0.084992	0.9936
H_0 : los errores tienen varianza constante. H_1 : los errores no tienen varianza constante.			

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en la Tabla 5.6 se muestra el análisis de multicolinealidad, este fenómeno afecta el modelo debido a que no debe existir una fuerte correlación entre las variables explicativas del mismo, ya que podría ocurrir que se parecieran mucho y, por tanto, afectar la medición de sus efectos individuales sobre la variable explicada, resultando en inferencias engañosas o erróneas. Se realizó un análisis desde la detección de correlaciones parciales para los parámetros determinados $\beta_2, \beta_3, \beta_5$, bajo el método de Pearson. La correlación parcial es la correlación de dos variables mientras se controla por una tercera variable. Se configuró un análisis donde cada parámetro funciona como la variable controlada mediante el uso de la

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

librería *library(ppcor)* (Kim, 2015). Los resultados obtenidos a través del p-valor para cada caso a un nivel de significancia del 0.05 resultaron no significativos (**p-valor>0.05**), por lo que no hay una correlación parcial significativa entre los parámetros determinados en el modelo, adicionalmente los coeficientes estimados demuestran que las correlaciones son muy débiles (0.33) o cercanas a cero.

Tabla 5.6
Análisis de multicolinealidad

Análisis de correlaciones parciales	Coeficiente estimado	Estadístico de prueba t	p-valor
pcor.test(B2 ,B3,B5, method = "pearson")	0.3399671	1.575737	0.1315909
pcor.test(B5, B2 ,B3,method = "pearson")	0.07321147	0.3199801	0.7524754
pcor.test(B3,B5, B2 ,method = "pearson")	-0.046308	-0.2020687	0.8420109
$H_0: \rho = 0$; El coeficiente ρ procede de una población cuya correlación es cero. $H_1: \rho \neq 0$; El coeficiente ρ procede de una población cuyo coeficiente de correlación es distinto de cero.			

Fuente: Elaboración propia.

5.4.4 Determinación del modelo (a)

Se concluye derivado del análisis para el instrumento 1 con 27 ítems, el modelo (a) puede estimar la dimensión empleados dentro de las empresas del sector TI para una muestra $n=22$, desde los ítems correspondientes a las dimensiones, **procesos, tecnología y organización**; aspectos clave desde la perspectiva del marco teórico en la presente investigación. El modelo (a) que explica la dimensión empleados es:

$$\hat{Y} = 2.784 - 0.516X_2 + 0.402X_3 + 0.484X_5$$

Mediante el uso del software estadístico y el modelo (a) es posible estimar valores para la evaluación promedio de la dimensión empleados con un rango [LI y LS] dentro de un intervalo de confianza al 95%. Por ejemplo, cuando $X_2=4.67$, $X_3=3.33$ y $X_5= 3.0$, se obtiene $\hat{Y} =3.168$ con LI: 2.129 y LS: 4.207.

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los parámetros β_3 =Tecnología y β_5 = Organización, refieren una relación positiva proporcional, siendo este último ligeramente el de mayor magnitud (0.484). Por su parte, el parámetro β_2 =Procesos (-0.516) funge como compensatorio (ver Figura 5.11), es importante comentar que el modelo tiene intercepto, lo que supone que aun cuando no se cuente con métricas dentro de las dimensiones predictoras o independientes, la dimensión empleados asumirá un valor derivado de acciones ya establecidas en alguna medida por la organización.

Para la dimensión empleados, la evaluación promedio para los ítems o preguntas (P2, P3 y P4) del instrumento 1 en una muestra $n=22$, concerniente a: promover programas de formación y mecanismos de certificación de competencias profesionales para los empleados, fomentar el desarrollo de habilidades personales (*soft-skills*) dentro de los equipos de trabajo y redefinir el perfil profesional que la empresa y el mercado laboral requieren derivado de la transformación digital, son explicados por la concatenación de las variables procesos, tecnología y organización. Se concluye que en la implementación tecnológica en el sector TI, es de vital importancia retomar e innovar sobre bases teóricas ya conocidas, aplicadas en contextos tecnológicos y de innovación dinámicos.

5.5 Capacidades tecnológicas y de innovación

Para cumplir con los objetivos de esta investigación, particularmente con el objetivo específico 2: identificar las capacidades tecnológicas y de innovación que podrían ser desarrolladas por las MiPymes de tecnologías de información en Mérida, Yucatán para facilitar la transición a la Industria 4.0. Se realizó un instrumento de recolección de datos dirigido a los coordinadores de proyecto, gerentes de desarrollo, desarrolladores senior y especialistas en consultoría de proyectos de software. El análisis contó con una muestra de 17 unidades de estudio para el mismo número de empresas participantes del estudio.

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados presentados fueron segmentados para su análisis en 4 partes, la primera buscó caracterizar el perfil del profesionista dentro del sector TI, la segunda parte pretendió identificar sus capacidades tecnológicas en 4 de las tecnologías habilitadoras en el presente estudio (Cómputo en la nube, Big Data, Inteligencia Artificial e Internet de las cosas), asimismo, en 4 competencias de innovación (del producto o servicios, de procesos, tecnológica y de gestión). Finalmente, la cuarta parte analizó las habilidades personales requeridas para la Industria 4.0 para el desarrollo de software en Mérida, Yucatán.

Dentro del perfil del líder de proyectos de software se identificó que el rango de edad está entre los 23 y 56 años. Adicionalmente el promedio de edad en años para la muestra se encuentra en un intervalo de confianza de 95% entre [28.7 – 36.8] años. En cuanto a los años trabajando en la empresa, los líderes de proyecto tienen una media de 6 años con un intervalo de confianza de 95% entre [3.3 – 9.0] años laborando en la empresa. Sin embargo, la moda de los datos refleja que 4 años es el valor que más se presenta en la muestra. Se puede inferir con base en los intervalos de confianza para la media de los años de vida del líder de proyecto y los años laborando en la empresa respectivamente, que el mercado de trabajo es dinámico en la búsqueda de nuevo capital humano, si se considera el crecimiento del sector en los últimos 5 años.

Respecto a la distribución de coordinadores de software con base en el género, el 82.5% de los líderes de proyectos de software son de género masculino y un 17.6% femenino. En cuanto a la certificación en gestión de proyectos por parte de los líderes o coordinadores, el 52.9% sí está certificado y dentro del 47% que no lo está, se encuentra el 100% de las mujeres líderes o coordinadoras de proyectos en desarrollo de software.

5.5.1 Capacidades tecnológicas

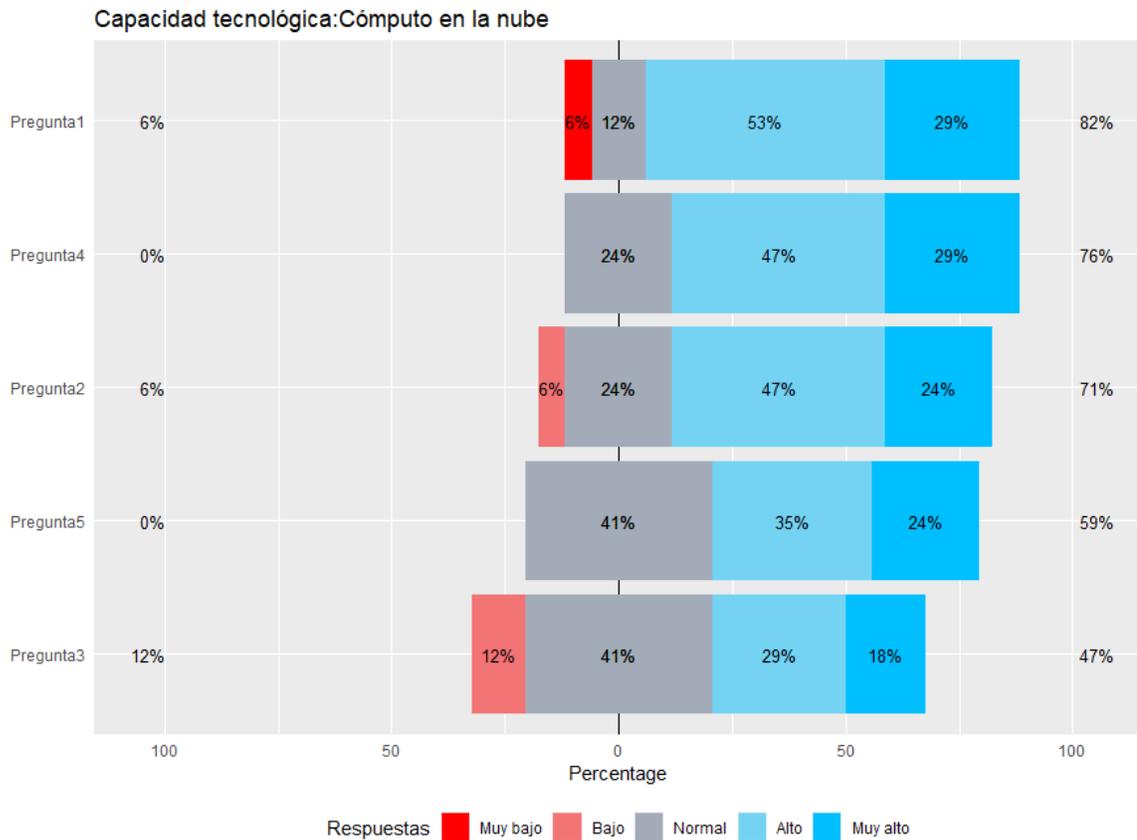
En este segmento de los resultados, se les presentó a los líderes de proyecto una serie de competencias técnicas o hard skills, para que desde su perspectiva y basados en una escala Likert, determinaran el grado de dominio (1= Muy bajo, 2= Bajo, 3= Normal, 4= Alto, 5= Muy alto) que su equipo de trabajo posee para cada tecnología de la Industria 4.0. En el Anexo 1 de la presente investigación se pueden consultar a detalle las preguntas (P1 – P5) que conforman cada una de las tecnologías descritas dentro de la categoría capacidades tecnológicas. En cada una de las gráficas es posible notar un orden de pregunta en función de aquella con el mayor porcentaje de respuesta en los valores altos en la escala de Likert (4 y 5).

En la Figura 5.14, se muestra que para la tecnología de cómputo en la nube (cloud computing), el 52.9% de los líderes de proyecto mencionó un grado de dominio alto en habilidades de programación en el ecosistema nube, particularmente en los lenguajes php, Python, Ruby, Java y .NET (P1). Respecto a conocimientos sobre gestión de bases de datos en un entorno nube (diseño, virtualización y administración), el 47% percibe un dominio alto (P2).

Para evaluar el grado de dominio de la tecnología mencionada, se les preguntó a los líderes de proyecto de las 17 empresas participantes, respecto a conocimientos sobre la arquitectura de los modelos de servicio en el cómputo en la nube (SaaS, PaaS, IaaS), un 41.1% refirió contar con un grado normal de conocimientos, un porcentaje menor comparado con quienes consideraron dominar en alta y muy alta medida tales conocimientos con un total del 47% (P3). De igual manera, el 47% de líderes de proyecto mencionó un alto dominio en conocimientos de arquitectura nube enfocados a redes, almacenamiento de datos, sistemas operativos y servidores (P4). Al evaluar los conocimientos de seguridad informática en la nube referente a sistemas de control de accesos, arquitectura y diseño de seguridad, seguridad de red, información y aplicaciones, el 41.1% de los líderes de proyecto manifestó un dominio normal de tales conocimientos (P5).

Figura 5.14

Grado de dominio: Cómputo en la nube



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5.15, se muestran los resultados sobre las competencias técnicas que conforman la capacidad tecnológica Big Data presente en los líderes de proyectos y sus equipos de trabajo, se identificó que un 47% de los líderes de proyecto perciben en grados de dominio bajo y muy bajo, los conocimientos que tienen sobre software para minería de datos mediante algoritmos predictivos; este porcentaje es mayor a la suma de equipos de trabajo que refieren dominios altos y muy altos con el 35.2% (P1). En cuanto a las habilidades analíticas, estadísticas y de modelado de datos con las cuales cuentan, el 35.2% manifestó un grado de dominio alto contra un total de 23.4% que mencionaron dominios bajos y muy bajos (P2).

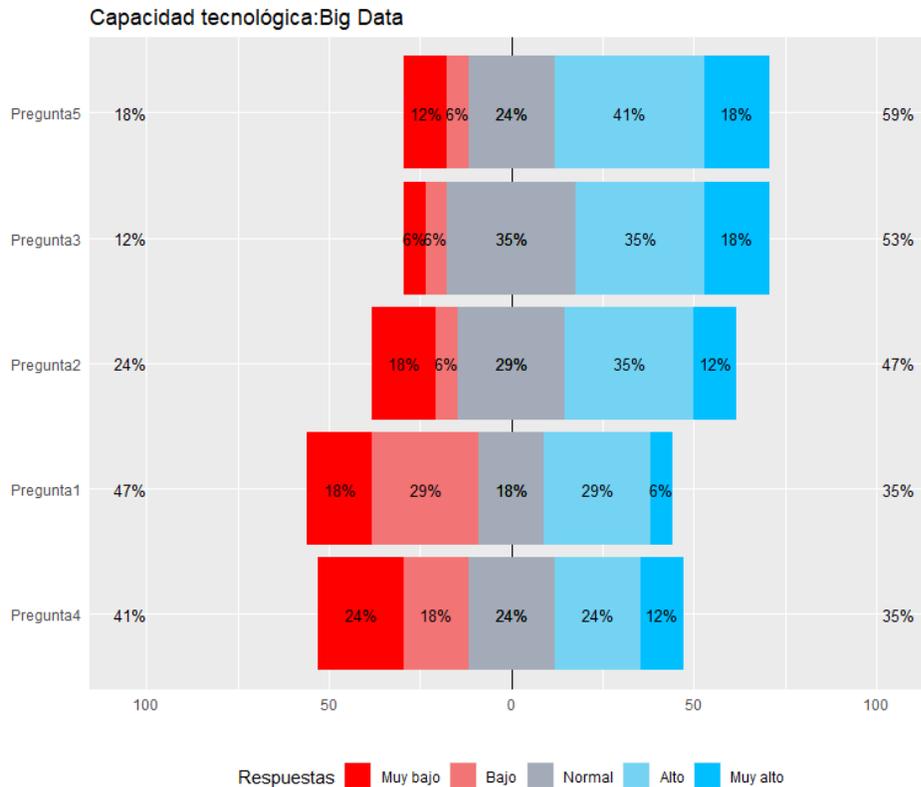
CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Sobre los conocimientos de bases de datos NoSQL de tipo (columnares, documentales, gráficas, keyvalue y XML), relevantes en el análisis de grandes volúmenes de datos a través de algoritmos, se observó un empate con el 35.2% entre quienes manifestaron un dominio alto y quienes cuentan con un dominio normal, es importante identificar que, el grado de dominio normal dentro de la escala Likert utilizada, es un valor neutral y de referencia respecto a los valores de los extremos en la misma (P3).

Es interesante la variabilidad existente cuando al evaluar el grado de dominio respecto a conocimientos sobre software de computación estadística y del lenguaje Python para el análisis, modelado y visualización de datos (P4). Para esta capacidad tecnológica en especial se consideró el dominio del idioma inglés como una competencia a evaluar, particularmente el grado de dominio técnico y de estructura gramatical compleja del idioma. Resultó relevante identificar que un 58% de los líderes de proyecto mencionaron un alto y muy alto dominio del idioma inglés técnico. Se identifica un área de oportunidad en ese campo en el desarrollo de competencias técnicas (P5).

Figura 5.15

Grado de dominio: Big Data



Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a competencias técnicas relacionadas con el internet de las cosas desde la perspectiva de líderes de proyecto de software en empresas del sector TI.

En la Figura 5.16, se representa gráficamente que si bien es preciso dominar en cierto grado los lenguajes de programación orientados al desarrollo web y móvil, también los conocimientos de programación de microcontroladores y procesadores (lenguaje C++, Basic, Java, Python) son un área de oportunidad para el desarrollo de esta tecnología en el sector TI de la mano de otras disciplinas como la ingeniería electrónica para el diseño de software embebido, a ese respecto un 47% mencionó un grado de dominio normal de dichos conocimientos y un 41.1% manifestó tener bajos y muy bajos conocimientos (P1).

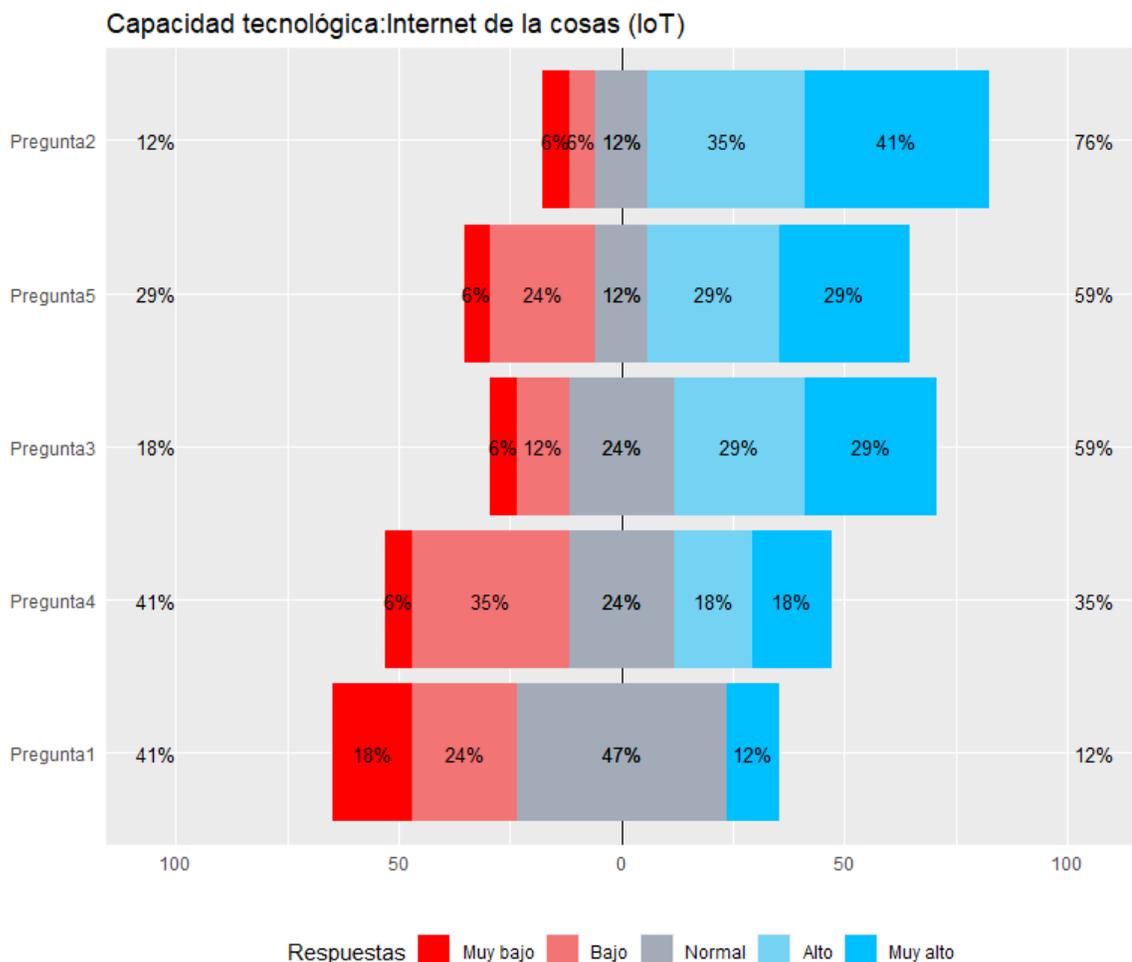
CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Ahora bien, al cuestionar sobre los conocimientos en programación de APIs para el entorno web, enfocadas a la adquisición y representación de datos digitales y analógicos en tiempo real mediante lenguajes como php y JavaScript, un 41.1% afirmó dominar en alto grado dichos conocimientos y adicionalmente un 35.2% aseveró dominarlos en un grado alto (P2). Esto permite inferir que para el desarrollo de sistemas ciberfísicos desde la perspectiva de la Industria 4.0, el sector TI en Mérida, Yucatán no es ajeno al componente de manejo de datos y su visualización en dispositivos inteligentes proveniente de sensores y microcontroladores, los cuales son relevantes en el internet de las cosas (IoT).

Es precisamente a ese respecto, que se cuestionó sobre el grado de dominio en cuanto a conocimientos sobre desarrollo de software como servicio (SaaS) para aplicaciones de IoT (Monitoreo, logística, mantenimiento, salud, etc.), un 58.8% de los líderes de proyecto consideró que se cuenta con un dominio alto y muy alto de dichos conocimientos (P3). Sin embargo, destaca que un 35.2% de los líderes de proyectos, afirmó que su equipo de trabajo posee bajos conocimientos de seguridad informática en redes inalámbricas y protocolos de red para la comunicación M2M (Máquina a Máquina) o a través de internet (P4). Una de las fortalezas sobre esta capacidad tecnológica, referente al sector TI se identificó con los conocimientos sobre Diseño UI (User Interface) y UX (User Experience) para el desarrollo de aplicaciones móviles para IoT, donde un 58.8% de los líderes de proyecto manifestó poseer entre su equipo trabajo grados de dominio altos y muy altos, para esta competencia técnica (P5).

Figura 5.16

Grado de dominio: Internet of Things (IoT)



Fuente: Elaboración propia.

Sobre la inteligencia artificial y las competencias técnicas que podrían identificar el grado de dominio de esta capacidad tecnológica en la Industria 4.0 (Figura 5.17). Se identificó que, un 47% de los equipos de trabajo, tienen un grado de dominio muy bajo, en cuanto a las habilidades de programación matemática aplicada al desarrollo de algoritmos de búsqueda y modelos predictivos en Inteligencia Artificial (AI), seguido de un 23.5% que manifiesta un dominio bajo (P1). Resultados similares se obtuvieron con el grado de dominio respecto a conocimientos sobre técnicas de procesamiento de lenguaje natural y

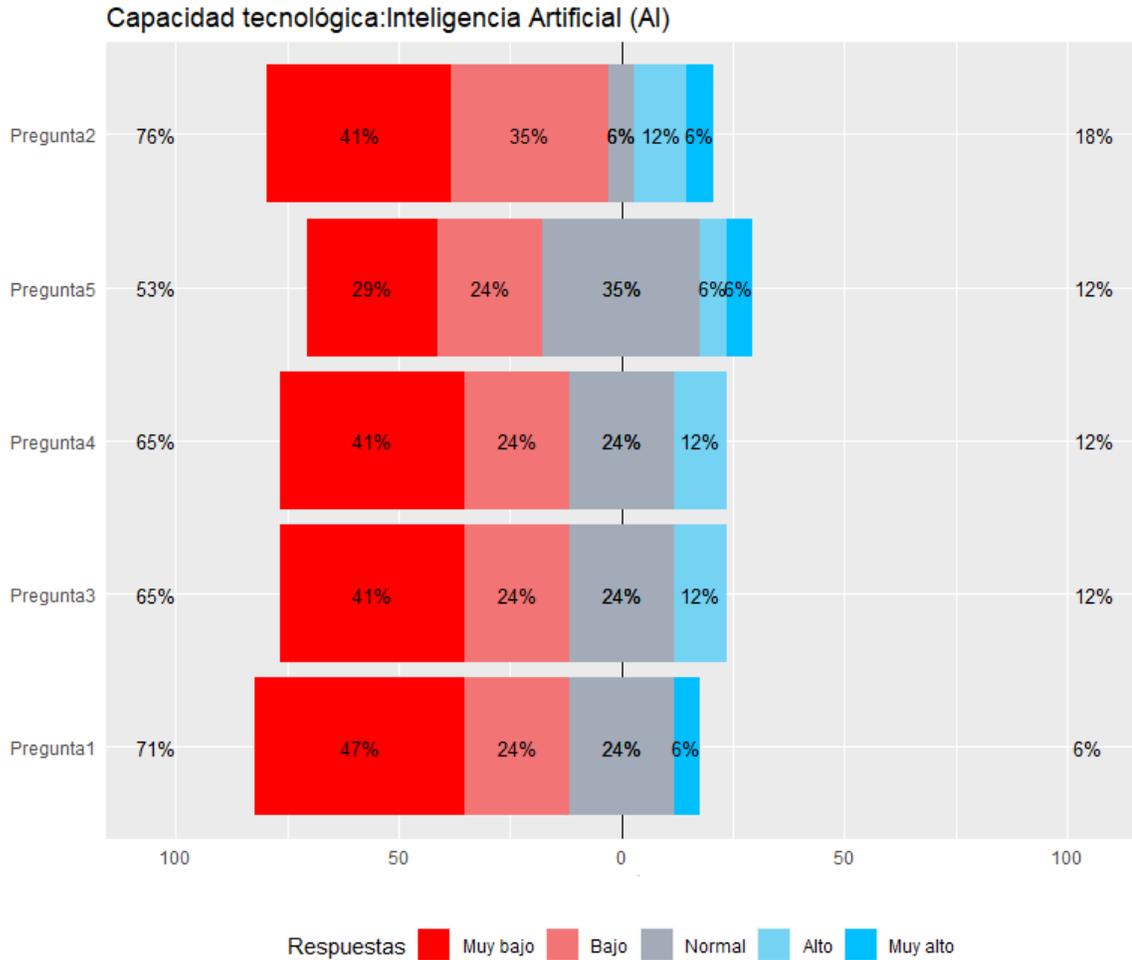
CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

reconocimiento de patrones entre conjuntos de objetos de datos, con 41.1% con dominio, muy bajo y 35.2% con dominio bajo (P2). Esta competencia está relacionada con algoritmos de reconocimiento biométrico (huella dactilar, iris ocular, rostro), así como en el análisis de datos desde imágenes.

Sobre aprendizaje automático (Machine Learning) desarrollado en el lenguaje de programación Python y conocimientos teóricos sobre aprendizaje de máquinas, presente en la robotización de procesos aplicados a automatización industrial y toma de decisiones, se identificó que los equipos de trabajo en empresas del sector consideraron en un 41.1% respectivamente como muy bajo su grado de dominio al respecto (P3 y P4). Es relevante identificar que la competencia técnica mejor evaluada dentro de esta capacidad tecnológica fueron los conocimientos sobre algoritmos de búsqueda (Haskell), clasificación (imágenes y documentos), comunicación (Customer service ChatBot), razonamiento y deducción (Prolog, Python, Java, C++) para AI, donde un 35.2% manifestó contar con un grado de dominio normal, se infiere un resultado consistente con el desarrollo de aplicaciones o servicios web que ya consideran el uso de algoritmos de caracterización de usuarios a través de sus datos y actividad digital, siendo esto la materia prima de muchos productos de software como servicio (P5).

Figura 5.17

Grado de dominio: Inteligencia Artificial (AI)



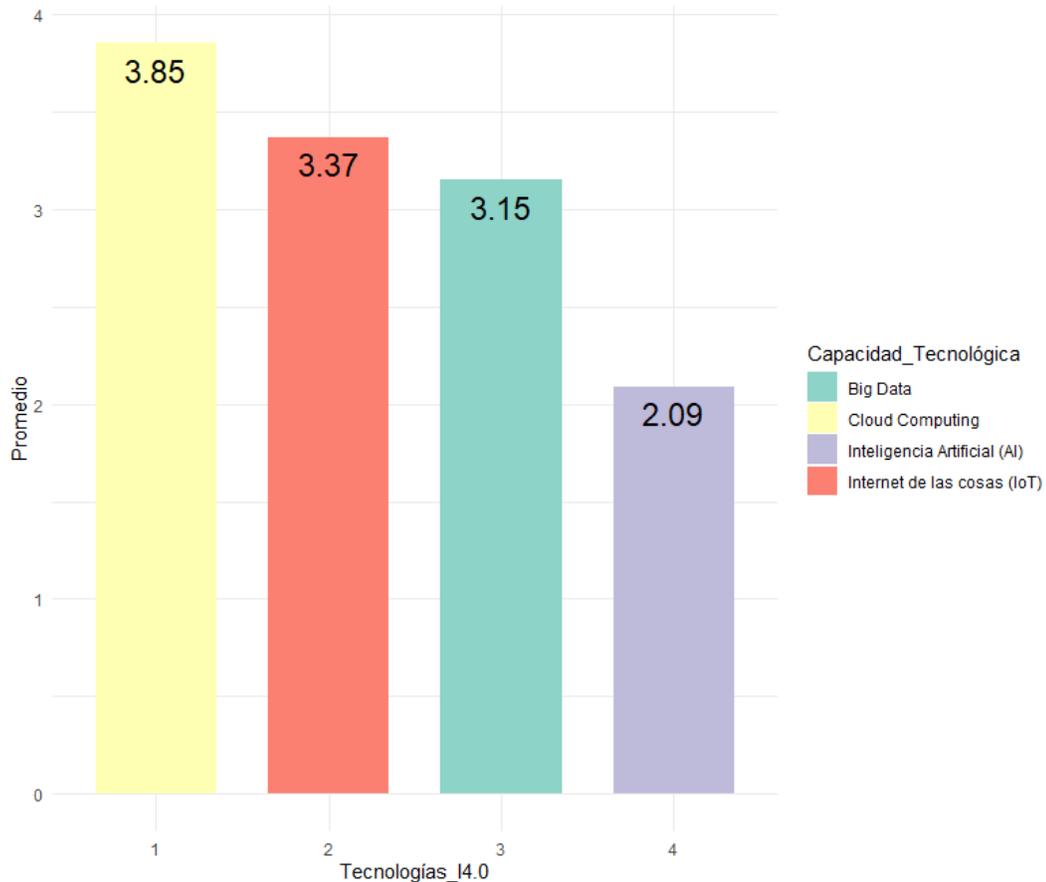
Fuente: Elaboración propia.

Una vez evaluadas las 4 capacidades tecnológicas (CT) de forma individual, es necesario analizar los datos de manera integral para estas tecnológicas habilitadoras de la Industria 4.0, a fin de poder identificar en su conjunto el comportamiento de los datos. En la Figura 5.18, se graficaron los promedios de cada una de las capacidades tecnológicas en función de las competencias técnicas presentes en los ítems o reactivos correspondientes. Con ello, se obtuvo una perspectiva general de valor cuantitativo para analizar el proceso de

implementación de la Industria 4.0 en el sector TI, con base en las empresas que conformaron el total de la muestra al evaluar el grado de dominio para estas tecnologías.

Figura 5.18

Gráfico de promedios por capacidades tecnológicas



Fuente: Elaboración propia.

5.5.2 Capacidades de innovación

Desde esta perspectiva se cuestionó a los líderes de proyecto, quienes basados en una escala Likert describieron la frecuencia con la cual se realizan diversas acciones al interior de la empresa, mismas que están abordadas en 4 segmentos: innovación del producto o servicio, innovación de procesos, innovación tecnológica e innovación de gestión. Se sugiere consultar los Anexos del presente

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

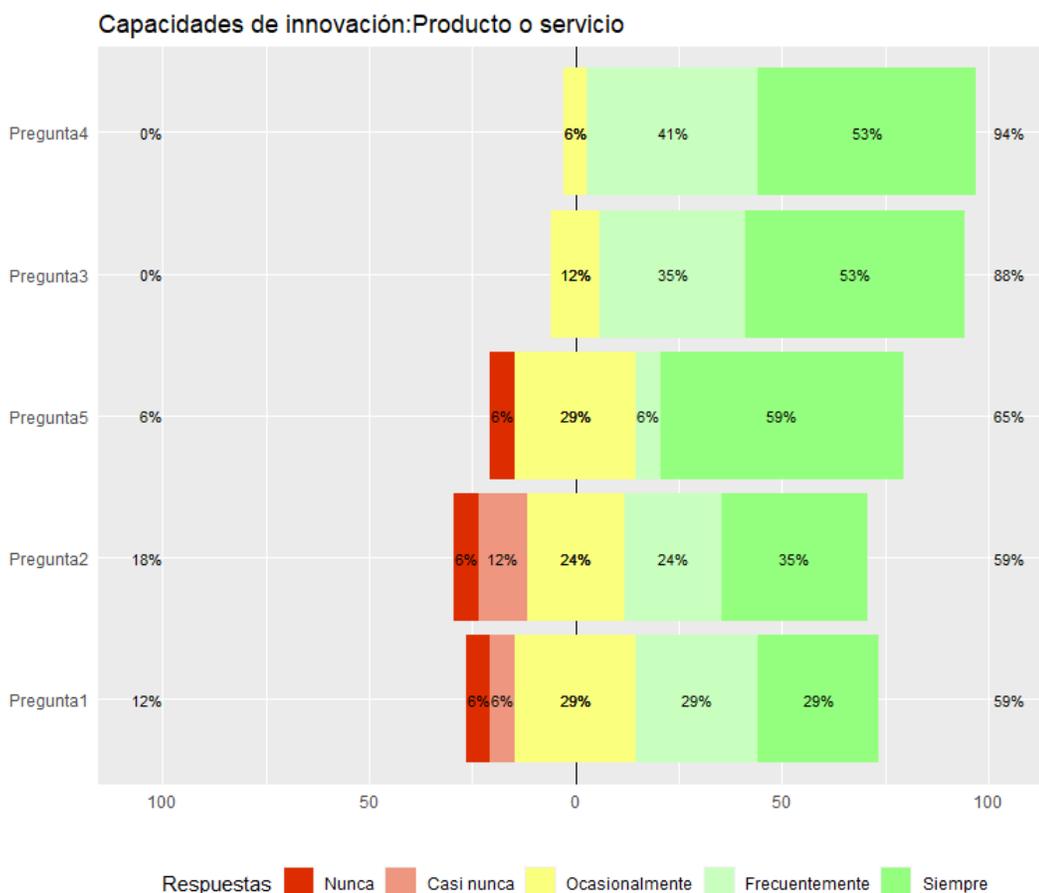
documento, donde es posible encontrar las preguntas (P1-P5) descritas en los resultados para cada innovación dentro de esta categoría.

En cuanto a la innovación del producto o servicio los resultados encontrados apuntaron a que un 29.4% de los líderes consideraba que frecuentemente, se desarrollan estrategias de investigación y desarrollo de software para nuevos mercados al interior de la empresa (P1). De igual manera, un 35.2% mencionaron que frecuentemente los niveles directivo y gerencial de la empresa ponen en marcha estrategias de innovación y especialización en nuevos segmentos de mercado desde el enfoque de la Industria 4.0 (P2). Al cuestionarlos sobre si los desarrollos de software y/o consultorías clave son liderados por expertos en la tecnología requerida, el 88.1% se ubicó en valores frecuentemente y siempre dentro de la escala disponible (Figura 5.19).

El porcentaje de evaluación aumenta cuando explican que en un 94%, los nuevos servicios de software de la empresa son orientados al uso de nuevas tecnologías (P4). Los procesos de digitalización global han introducido en el sector TI, software con características mejoradas, por ejemplo, en componentes de software para comercio electrónico, software ERP (Enterprise Resources Planning), Software as a Service (SaaS), APIs web, etc. A ese respecto, el 58.8% de los líderes de proyecto consideró que la empresa en la cual laboran busca introducir nuevos productos de software con base en los procesos de digitalización (P5).

Figura 5.19

Gráfico para comparación de respuestas: Producto o servicio



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5.20, se muestra el segmento de innovación de procesos, el 76.3% de los líderes de proyecto evaluaron como siempre y frecuentemente el uso de algoritmos y estructuras de datos en el desarrollo de software como producto y/o servicio, es decir, es alto el porcentaje de digitalización en el sector TI, visto desde la óptica de la innovación (P1). Un 47% consideró que, en su organización frecuentemente los procesos de desarrollo de software están completamente automatizados mediante el uso de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) (P2). A ese respecto, un 52.9% de los coordinadores de proyectos de software consideró que siempre se está innovando en técnicas y metodologías para mejorar la productividad del equipo de desarrollo, parte de esa innovación impacta en la

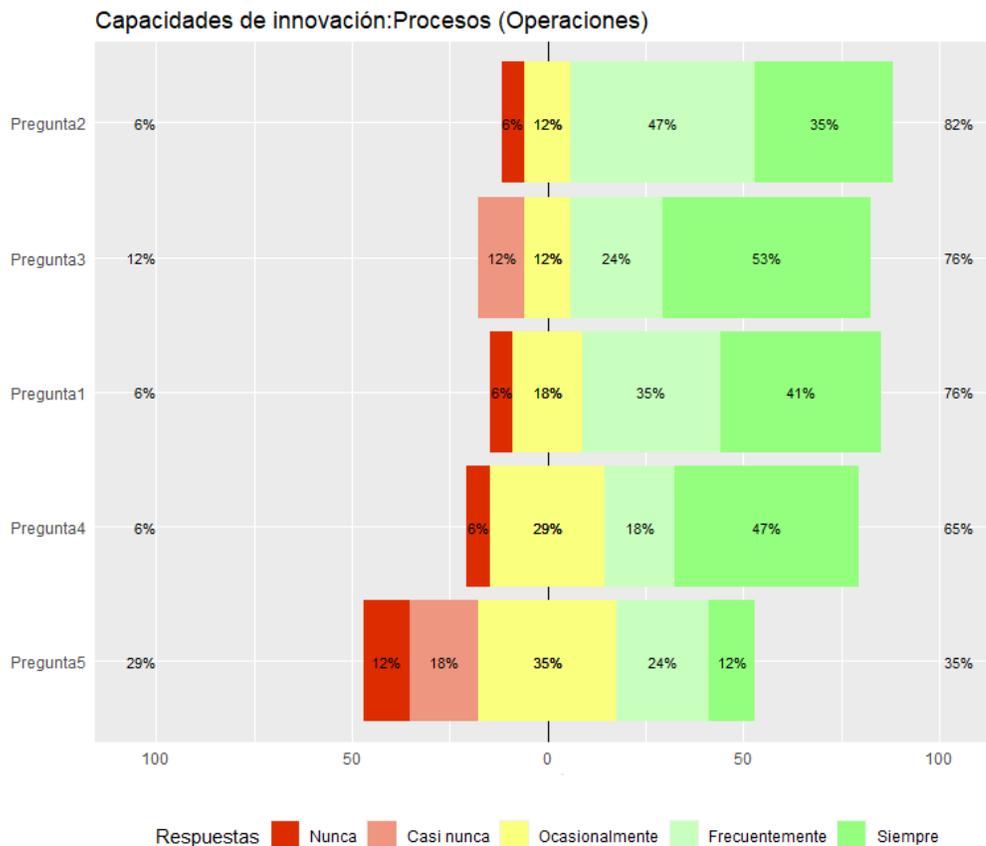
CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

automatización de los procesos mediante herramientas digitales y metodologías de gestión como Agile y SCRUM (P3).

Otro aspecto relevante de la innovación de procesos en el sector TI es el acceso al cliente, el 47% de los coordinadores de proyectos de software consideró que su empresa siempre ha innovado en sus medios digitales de acceso al cliente a través de su web site, social media y Search Engine Optimization (SEO), es decir, su posicionamiento en buscadores (P4). Sobre la Industria 4.0, un 35.2% consideró que ocasionalmente cambian los procesos de desarrollo de software con la incorporación de nuevas tecnologías para la Industria 4.0 (P5).

Figura 5.20

Gráfico para comparación de respuestas: Procesos



Fuente: Elaboración propia.

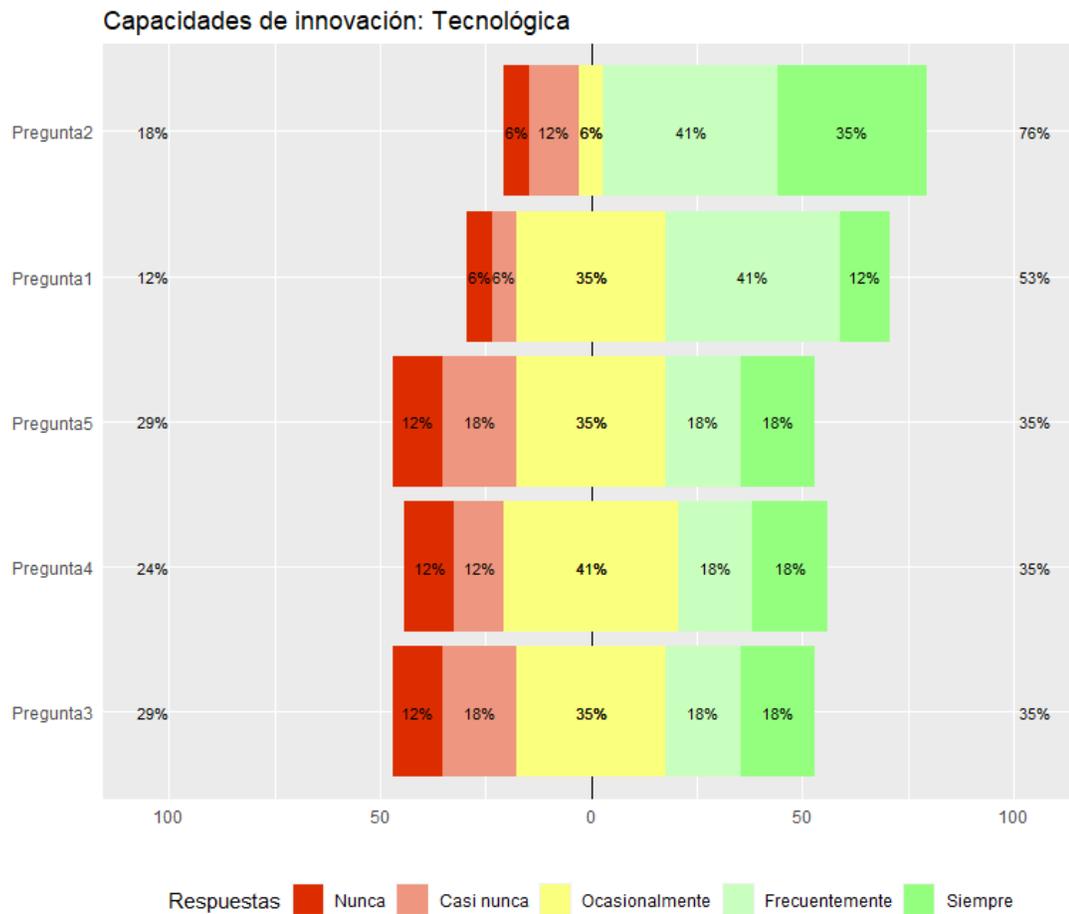
CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el segmento de innovación tecnológica, los coordinadores y las coordinadoras de proyectos de software que participaron en el proyecto afirmaron en un 41.1% que frecuentemente utilizan la investigación y el desarrollo tecnológico para formular y administrar la ejecución de proyectos, este dato contrasta con el 35.2% de quienes mencionaron ocasionalmente apoyarse en la investigación y desarrollo tecnológico dentro de su actividad de gestión (P1). Un 76.3% de los encuestados evaluó como siempre y frecuentemente el uso de nuevas tecnologías en lenguajes de programación para el desarrollo de proyectos, en la Figura 5.21 se detalla la distribución para cada pregunta. El desarrollo tecnológico implica la inversión de recursos financieros para el posicionamiento de la empresa en la Industria 4.0 (Big data, Inteligencia Artificial, Cloud Computing, Internet of Things, etc.), a ese respecto, el 64.5% manifestó que nunca, casi nunca y ocasionalmente, se realizan en su organización tales inversiones (P3).

El desarrollo tecnológico requiere investigación básica y vigilancia tecnológica, ello implica que la empresa analice información externa e interna sobre nuevos desarrollos, ideas y mejoras, a fin de conocer su situación y la del sector TI (Tecnologías de información), el 41.1% consideró que ocasionalmente la empresa en donde labora realiza dicha actividad de análisis, un porcentaje mayor al 35.2% de quienes afirman realizarlo siempre y frecuentemente (P4). Como dato comparativo, se cuestionó a las unidades experimentales mencionadas si en la empresa se dispone de un plan que defina su estrategia tecnológica; por ejemplo: transferencia y adquisición de tecnología, análisis de vigilancia tecnológica, investigación y desarrollo (I+D), estrategias de propiedad intelectual y áreas de especialización, el 35.2% mencionaron que ocasionalmente cuentan con plan estratégico, el porcentaje a la baja aumentaría si consideramos las respuestas casi nunca y nunca dentro del análisis (ver Figura 5.21).

Figura 5.21

Gráfico para comparación de respuestas: Tecnología



Fuente: Elaboración propia.

La innovación de gestión está relacionada con aspectos organizacionales al interior de la empresa y sus equipos de trabajo, desde la perspectiva del líder de proyecto, los resultados encontrados fueron relevantes. En la Figura 5.22, se muestra que el 58.8% consideró que siempre son utilizadas herramientas TIC y nuevas metodologías en las etapas de gestión de un proyecto (P1). Un 47% mencionó que siempre se fomenta el aprendizaje, la adaptación y optimización de recursos de software y hardware en el desarrollo de proyectos. Estos aspectos apuntan directamente a funciones de liderazgo, y precisamente en este último, el 23.5% mencionó fomentarlo ocasionalmente (P2).

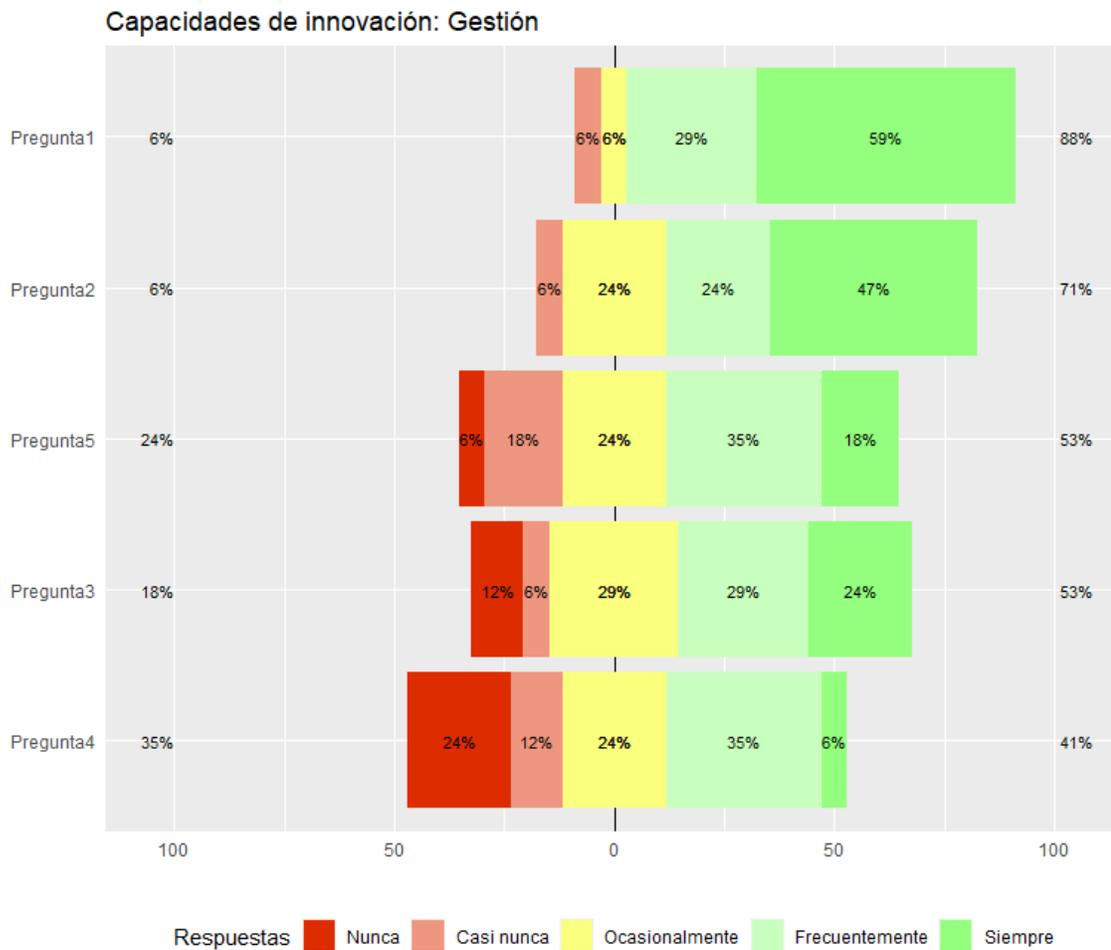
CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los temas organizacionales desde la perspectiva del líder de proyectos de software son relevantes, ya que, en su opinión, sólo un 23.5% de las empresas siempre analiza de manera sistemática su entorno sectorial, las demandas de sus clientes, los nuevos productos competidores y su participación en el mercado. Se infiere que son necesarias acciones enfocadas a la innovación de gestión en estos aspectos, debido a la variabilidad de respuestas, considerando el grado de importancia planteado (P3).

Un aspecto relevante en este segmento de innovación está relacionado con la frecuencia con la cual las empresas realizan desarrollos conjuntos con empresas aliadas y vinculaciones con universidades, centros de investigación y/o proveedores para la ejecución de proyectos, un 35.2% mencionó que frecuentemente se realizan dichas acciones de vinculación, sin embargo, dentro de la escala Likert para valores por debajo del valor medio (casi nunca y nunca), el porcentaje fue de 35.2%. Estos datos permiten plantear la posibilidad de una apremiante necesidad de vinculación empresarial en el sector TI en Mérida, Yucatán (P4). Sobre la transformación digital y la innovación de gestión desde la percepción del coordinador de proyectos de software, el 35.2% de ellos, considera frecuentemente que la digitalización demanda nuevo capital humano en áreas especializadas del desarrollo de software dentro de la empresa (P5).

Figura 5.22

Gráfico para comparación de respuestas: Gestión



Fuente: Elaboración propia.

Una vez evaluadas las 4 capacidades de innovación de forma individual, es necesario analizar los datos de manera integral para los 4 tipos de innovación estudiados. La intención fue evaluar la madurez digital desde la perspectiva de los líderes de proyectos de software y a través del concepto de innovación, como la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, producto (bien o servicio), de un proceso, de un método de comercialización o de un nuevo método organizativo, en las prácticas internas de la empresa (OCDE, 2005).

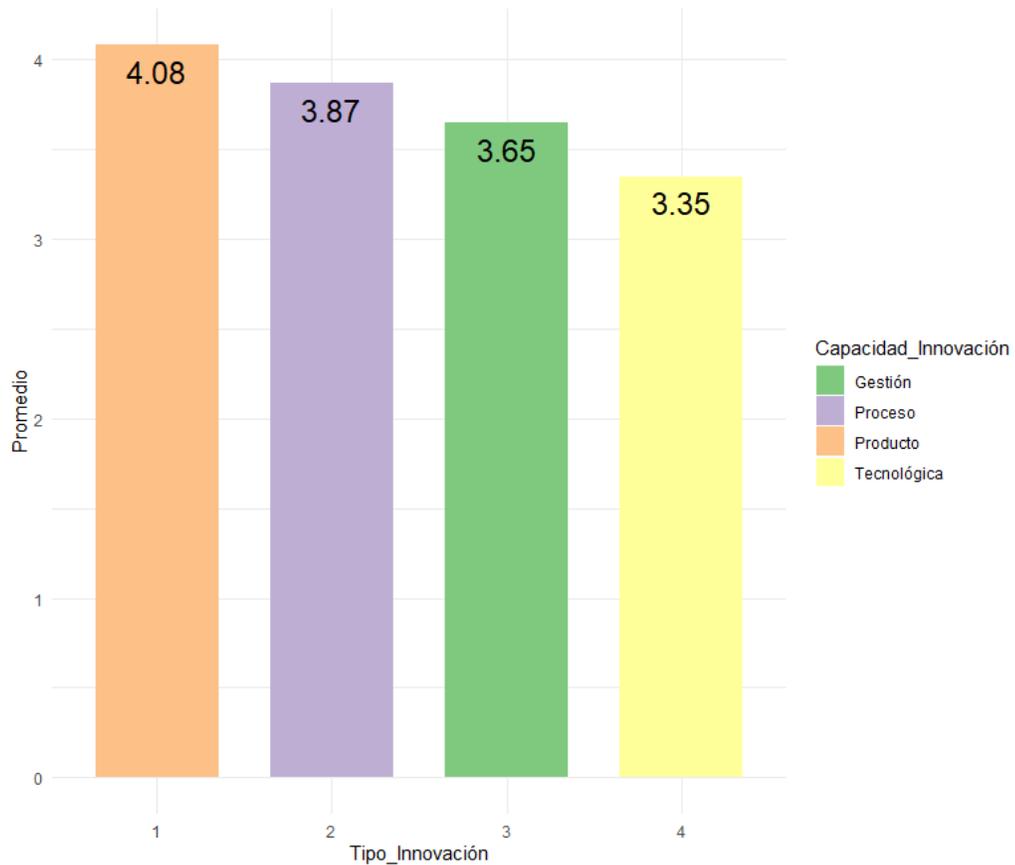
En la Figura 5.23, se graficaron los promedios de cada una de las capacidades de innovación en función de los ítems o reactivos correspondientes y

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

se obtuvo un puntaje general de valor cuantitativo, el cual aporta al análisis del proceso de transformación digital en el sector TI, con base en las empresas que conformaron el total de la muestra. Destaca la innovación del producto como la mejor evaluada, de manera empírica podemos validar esa tendencia bajo el contexto global actual.

Figura 5.23

Gráfico de promedios por capacidades de innovación



Fuente: Elaboración propia.

5.5.3 Habilidades personales en la industria 4.0 para desarrolladores de software

Finalmente, en la última sección de análisis de resultados para el instrumento de recolección de datos mencionado, se evaluaron las habilidades personales requeridas por la Industria 4.0 para el desarrollo de software. Basado en la escala Likert (1= Nada importante, 2= Baja, 3= Media, 4= Alta, 5= Muy importante) y de acuerdo con la importancia que dichas habilidades tienen para el coordinador de proyectos en su equipo de trabajo, específicamente para la función de desarrollar software y/u ofrecer consultoría especializada en ingeniería de software.

En la Figura 5.24, se muestra una gráfica conocida como mapa de calor, donde se analizan las 7 habilidades consideradas. Destacan como las habilidades mejor evaluadas entre el total de la muestra, bajo la escala *Likert* (nivel de importancia) para el conjunto de habilidades planteado en la investigación, la cooperación con otros miembros del equipo para lograr un fin común con un 82.3%, y la gestión del tiempo y responsabilidad en sus actividades laborales con un 70.6%. Por otra parte, la habilidad de análisis y resolución de problemas complejos de software, y la adaptabilidad y flexibilidad ante cambios tecnológicos y de aprendizaje comparten un 64.7% en el nivel muy importante respectivamente.

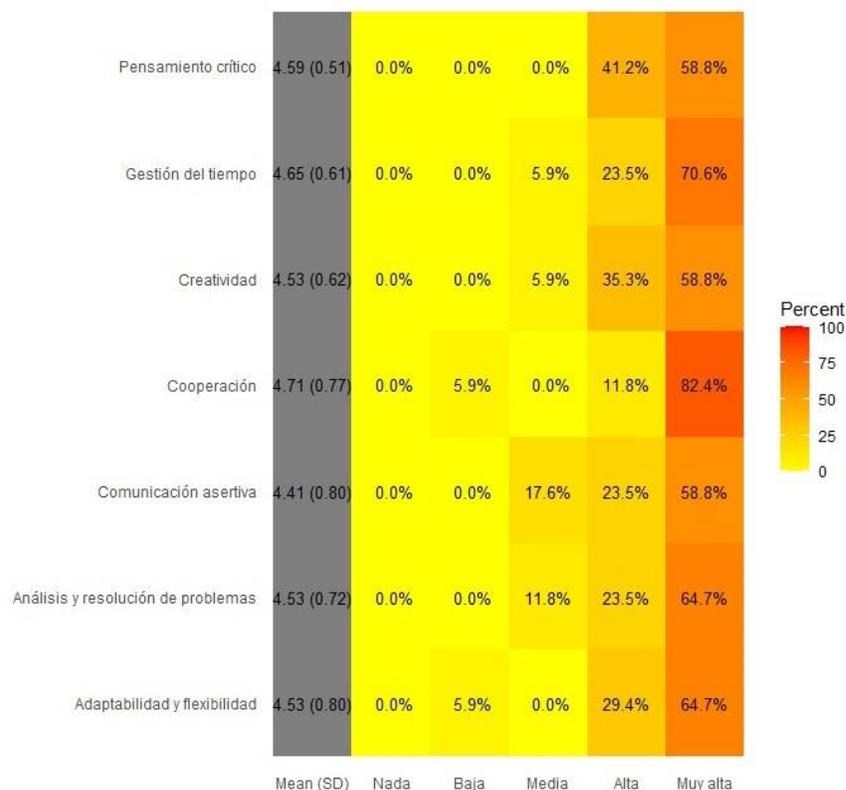
Con un 58.8% para el rubro muy importante, se encuentran las habilidades: creatividad en la generación y gestión de ideas enfocadas al desarrollo de proyectos, pensamiento crítico (Reconocer relaciones, construir y evaluar argumentos e ideas) y comunicación asertiva: congruente, clara, directa y respetuosa con sus colaboradores. Es importante mencionar que estas 3 habilidades, son consideradas como habilidades propias de la raza humana, y ante la posibilidad de vivir en un mundo cada vez más digital y autómatas, son vistas como habilidades a desarrollar como parte de la nueva configuración del mercado de trabajo en la era de la inteligencia artificial y la robótica de cara a 2030 (Manyika et al., 2017).

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En su estudio, Capretz (2013) realizó un análisis estadístico sobre los requisitos de habilidades blandas (soft skills) en varios roles de las fases de desarrollo de software. Entre 160 diseñadores de software y 170 programadores en destacan 3 habilidades: comunicación, trabajo en equipo, y análisis y resolución de problemas. Los resultados revelaron que la industria del software está prestando atención a las habilidades blandas mientras contrata, pero es necesario reconocer más el papel de estas habilidades en el desarrollo de software en comparación con habilidades duras o técnicas. Con la industria 4.0, surgen *soft skills* más enfocadas a la colaboración entre humanos y sistemas inteligentes, como lo son la adaptabilidad y flexibilidad a cambios tecnológicos, la creatividad y el pensamiento crítico (Reséndiz et al., 2020).

Figura 5.24

Gráfica: mapa de calor de las habilidades personales



Fuente: Elaboración propia.

5.5.4 Áreas de oportunidad en el desarrollo de capacidades dentro del sector TI en Mérida, Yucatán.

En el tema de capacidades tecnológicas se observó que la inteligencia artificial fue evaluada en un grado de dominio bajo, por lo que será necesario que las empresas modifiquen sus procesos y planes estratégicos para evaluar si es pertinente el incorporar esta tecnología habilitadora de la industria 4.0 al desarrollo de nuevos productos o servicios. Para la vicepresidencia de Inteligencia Artificial (AI) en IBM, esta tecnología será una de las encargadas de transformar a la sociedad y a la economía. Según sus estimaciones, la AI generará un impacto a la economía global de 30 billones de dólares en poco más de diez años. Entre los sectores con más escalabilidad de implementación se encuentran telecomunicaciones, retail³ y el sector bancario, pero también habrá empresas a nivel global que apuesten por la AI en agricultura y manufactura (Valle, 2019). La AI provocará un incremento adicional del PIB mundial en 2030 de 15,7 billones de dólares, 6,6 billones se generarán como consecuencia del incremento de la productividad y 9,1 billones por los efectos en el consumo (Riquelme, 2020; Verweij & Rao, 2017). De ser así, el sector TI necesita identificar que estrategias empresariales podrán ejecutar, considerando de manera inicial aquellas de formación y certificación dentro de los fundamentos y conocimientos más generales, evaluados en la presente investigación.

Por su parte, la tecnología de cómputo en la nube se posicionó como la más dominada en términos técnicos por los líderes de proyecto, lo cual hace sentido considerando los indicadores sobre productos de software que operan más en la modalidad de servicio, por lo que muchos de los recursos e información son alojados en internet mediante la virtualización de servidores e infraestructura de procesamiento de cómputo. Entre estas tecnologías de las 4 estudiadas, el Internet de las cosas y el Big Data se configuran como área de oportunidad para el sector

³ Es un sector económico que engloba a las empresas especializadas en la comercialización masiva de productos o servicios uniformes a grandes cantidades de clientes (Inforetail, 2018).

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

TI sobre todo porque sus puntajes promedios son similares 3.37 y 3.15 respectivamente. La relación es simbiótica, el número de dispositivos inteligentes conectados entre sí y a Internet aumenta y al mismo tiempo los millones de datos derivados de la integración. Todos esos datos son gestionados por las empresas a través de una Analítica de Datos Masivos (Big Data), donde la función humana y su importancia se establece en la concatenación: datos → información → “conocimiento”.

En cuanto a las capacidades de innovación, destacan las de productos y procesos, como las mejor evaluadas por las empresas, lo cual está relacionado con entornos competitivos en el sector e implica realizar mejoras en los productos ofrecidos, mediante el uso de nuevas tecnologías de programación para el desarrollo de software como servicio (SaaS) con características de multiplataforma, escalable en usuarios y de baja latencia en cuanto al intercambio de datos entre cliente-servidor se trata. Esta dialéctica entre mejorar productos y/o servicios, y a su vez lo procesos que los conforman, está relacionado con las mejoras organizacionales que tiene que implementar la empresa y que en el presente estudio apuntan a la integración de los miembros de la organización al uso de herramientas TIC, desde su usabilidad. Así mismo, realizar mejoras en la vigilancia tecnológica y benchmarking, vinculaciones empresariales y académicas, y finalmente la especialización del capital humano.

La innovación tecnológica tiene mucho que aportar al sector TI, si bien en los resultados es el de menor evaluación promedio, su rol tiene que ver con la incertidumbre, asumir retos y paradigmas de cambio, ofrecer un producto o servicio de software desde una nueva tecnología o para un nuevo sector industrial. Ello implicará tomar decisiones idealmente contenidas en la experiencia e información previa pero también desde visiones estratégicas y liderazgos proactivos. Si bien la innovación y el *know how* son fundamentales en un modelo de cuádruple hélice, es preciso determinar mejoras y redefiniciones conceptuales dentro del modelo, ya que la innovación tecnológica actual, no está interactuando de forma directa con aspectos culturales, sociales y ambientales.

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El modelo determinado en la presente investigación ínsita a la innovación estratégica principalmente organizativa y de procesos para mejorar las interacciones de los diferentes subsistemas (políticas públicas, cultura, capital humano, etc.), con el objetivo de formular nuevos conocimientos y paquetes tecnológicos enfocados a la I4.0. Desde la innovación de procesos científico-técnicos aplicada a modos de producción de conocimiento, se pueden configurar nuevas metodologías para vincular el conocimiento, su producción y flujo en beneficio de las interacciones entre la sociedad y el ambiente natural, por lo que el concepto de desarrollo sustentable cobra relevancia.

El modelo tradicional donde el conocimiento se generaba en universidades y centros de investigación está sufriendo una transición, cada vez son más complejos los flujos de información y conocimiento de tipo bidireccional y de carácter industrial. En ese sentido, una aportación de este estudio radicó en identificar nuevos factores que no dependen sólo de condiciones macroeconómicas y sectoriales, sino que van más allá, para explicar integralmente la incorporación y el proceso del conocimiento entre las MiPymes de software, así como en el ambiente regional e institucional en que actúan. Los resultados obtenidos de esta investigación plantean un análisis desde el sector TI en Mérida, Yucatán a estas condiciones a fin de que las MiPymes puedan caracterizar sus habilidades, capacidades tecnológicas en I4.0 y de innovación, así como mejorarlas desde un enfoque de redes a nivel industrial que permita mejorar la dinámica de las interacciones sociales en la construcción y transferencia de conocimientos.

Derivado de los resultados de este estudio respecto a las capacidades tecnológicas y de innovación, se propone como viable explorar el concepto de innovación abierta dentro del sector TI en Mérida, Yucatán, el cual parte de la idea de que las empresas ya no son capaces de abordar por sus propios medios todo el proceso de la innovación; deben contar con recursos externos (propiedad intelectual, ideas, productos, personas, instituciones) que deben integrarse en su

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

propia cadena de innovación. Las empresas deben hacer uso intencional de las entradas y salidas de los conocimientos para acelerar la innovación en el propio mercado, y ampliar el uso del conocimiento interno en nuevos mercados (Ávila & Alarcón, 2014).

En la Tabla 5.7 se muestra una síntesis con las principales características del concepto de innovación abierta como proceso y opción contraparte del proceso tradicional de desarrollo de innovación.

Tabla 5.7
Características de la innovación abierta.

Innovación Abierta	Características
	1. Considera la incorporación del conocimiento y tecnología donde se encuentren (fuera de la organización).
	2. Es clave la tarea de incorporar y/o mezclar el conocimiento externo con el existente en la organización. La colaboración activa, la co-creación con diferentes grupos de interés, centros de investigación, proveedores y competidores, se vuelve vital en el proceso.
	3. Se realiza a través de la búsqueda activa de nuevas tecnologías e ideas fuera de la empresa , con el fin de crear valor para el cliente.
	4. Es importante el desarrollo o el otorgamiento de licencias de ideas y tecnologías. Considerando también la creación de nuevos negocios, apertura a nuevos mercados o la venta de la tecnología desarrollada .
	5. Señala que el proceso de innovación no es una secuencia lineal, sino que se enriquece de proyectos externos y organizaciones. Por lo que, las ideas deben ser evaluadas en distintos momentos, al inicio, a lo largo del proceso y al final del mismo, pues pueden requerir replantearse, aumentar o disminuir los recursos asignados.

Fuente: Elaboración propia a partir de
(Chesbrough, 2003; Chesbrough et al., 2006)

5.6 Análisis comparativo de la competitividad en el sector TI.

El sector de las tecnologías de la información (TI) ha detonado una evolución de todas las industrias a nivel global. Su participación directa en la transformación digital de los negocios y en el desenvolvimiento cotidiano de la sociedad ha mutado

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

la forma de relacionarse con el entorno. Actualmente, todas las industrias enfrentan un momento sin precedentes en la instrumentación de nuevos modelos de negocio, la inserción de procesos de operación automatizados y flexibles, el desarrollo de productos y servicios a la medida, la incorporación de nuevos canales de distribución, la atención de un mayor número de clientes y la expansión de nuevos mercados. De tal suerte que la integración de diferentes elementos de innovación tecnológica y la disrupción digital que el sector de las TI ha comenzado a atender resultan claves para hacer frente a las nuevas prácticas detonadas por la cuarta revolución industrial (PROMEXICO, 2018).

5.6.1 Jalisco, Nuevo León, Querétaro y Yucatán, un análisis desde los clusters TI y los Centros de Innovación Industrial.

En 2017, ProMéxico, CANIETI Sede Occidente y el IJALTI (Instituto Jalisciense de Tecnologías de Información), desarrollaron un mapa de ruta del sector de las tecnologías de la información del estado de Jalisco, como parte de sus indicadores al hablar del sector TI en el estado, mencionaron como factores de desarrollo, una matrícula de más de 9,500 estudiantes de ingenierías y licenciaturas de TI y un egreso de 1,400 estudiantes en las más de 25 universidades del estado; otro factor relevante gira en torno a la inversión extranjera por parte de empresas del sector ya sea para iniciar o expandir operaciones en los mercados del norte, centro y sur. Desde el contexto académico la investigación de Peña (2019), sobre gestión del conocimiento en Mérida, Yucatán identificó la existencia de 24 planes de estudio universitarios relacionados a las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC) presentes en 27 instituciones.

Para precisar a las empresas del sector TI en Jalisco dentro de las estadísticas nacionales, el gobierno del estado determinó configurar el sector con base en las unidades económicas que conforman los giros de edición de software, procesamiento electrónico de información y servicios de diseño de sistemas de cómputo que tienen operaciones en Jalisco de acuerdo con el Instituto Nacional de

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Estadística Geografía (INEGI, 2019). A ese respecto, en Mérida, Yucatán, la gran mayoría de empresas del sector TI se encuentran en la clasificación SCIAN 541510/ Servicios de diseño de sistemas de cómputo y servicios relacionados, es en esta clasificación donde está basada la muestra del presente estudio.

Las otras 2 clasificaciones apuntan a la diversificación empresarial de la entidad, por ejemplo, en el caso de la clasificación SCIAN 518210, se habla de empresas dedicadas a tiendas virtuales, de servicios de reservaciones, acceso a software como aplicación que se ofrece en servidores compartidos o dedicados, hospedaje de páginas web y aplicaciones; servicios de flujo de datos en línea en tiempo real de audio y video (streaming), servicios de microfilmación y escaneo óptico (PROMEXICO, 2018; SCIAN,2018).

Para Jalisco, el rol de los expertos e instituciones involucradas bajo un esquema de cuádruple hélice en el estado, definirá el rumbo que tomará el sector de las TI. Este enfoque tiene tendencias claras: la consolidación de ciudades inteligentes, donde es importante mencionar el uso de tecnologías de comunicación 5G, el mercado de la seguridad de datos personales, la transformación del modelo de negocios tradicional a uno que involucre el *software as a service*, el uso de la tecnología blockchain y las criptomonedas, el eCommerce, donde el uso de Inteligencia Artificial enfocada al clientes tiene sus primeras aproximaciones, así como la transparencia y participación ciudadana (PROMEXICO, 2018).

Un factor relevante en el proceso de transformación digital en las entidades estudiadas, es el uso de dispositivos móviles y la posibilidad que tienen estos usuarios a una conexión a internet. Según datos de la Asociación Mexicana de Internet, México cuenta con 86.8 millones de usuarios conectados, ello significa un 76.3% de penetración entre la población de personas de 6 años o más. El 92% de esos usuarios utiliza su teléfono inteligente como dispositivo de conexión y la mayor distribución por rango de edad está entre 25-34 años. En la distribución de los usuarios por región del país, la región sureste, cuenta con el 7% del total de

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

internautas, Centro norte 13%, Noreste 16% y Oeste 11% (Asociación de Internet MX, 2021).

Respecto a cómo está configurado el sector TI, en 2012, la Cámara Nacional de la Industria Electrónica, del Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información (CANIETI) publicó un reporte donde informó de la existencia de 38 clusters de alta tecnología integrados por 2100 empresas en 28 entidades del país, sin embargo, no descartó la existencia de otros clusters debido a que esta cifra atendía a los registrados en dicha cámara (CANIETI, 2012) . En su estudio sobre clusters de tecnologías de la información, Solleiro (2015,p.53) hace mención de una actualización por parte de ProMéxico respecto al número de clusters de TI que existen en México, se identificaron 32 clusters, ubicados en 27 estados, los cuales agrupan a 1340 representantes. Cabe mencionar que, en Yucatán el Consejo de la Industria de las Tecnologías de la Información de Yucatán, A.C. era considerado en 2012 un cluster, tras su desaparición CANIETI Sureste se vuelve la única representante del sector TI en Yucatán. En la Tabla 5.8 se muestran los clusters mencionados para las entidades estudiadas.

Tabla 5.8
Clusters en TI, registrados ante CANIETI (2012)

Entidad Federativa	Cluster	Estatus
Jalisco	Consortio de Exportación de Tecnologías de Información CTI Jalisco	Sin información disponible para consultar en 2021.
	Instituto Jalisciense de TI (IJALTI)	En operaciones en https://www.ijalti.org.mx/ *60 empresas asociadas
Nuevo León	Monterrey IT Clúster	En operaciones en http://mitc.com.mx/ *30 empresas asociadas
	Consejo para el Desarrollo de la Industria de Software de NL	En operaciones en https://www.csoftmy.org/ *43 asociados activos y afiliados.
Querétaro	InteQSoft Clúster de Tecnologías de Información de Querétaro	Sin información disponible para consultar en 2021 que haga referencia a una continuidad.

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

		<p>La última nota al respecto fue en 2015, donde reseñan actividades tecnológicas (Cienciamx, 2015).</p> <p>Actualmente, existe el cluster Vortice•IT, inicio operaciones en 2017, integrado por 63 empresas, cuatro centros de investigación, 6 universidades y 61 profesionales y microempresarios en https://vorticeit.mx/, sin un registro ante CANIETI (Valencia, 2017).</p>
Yucatán	Consejo de la Industria de la Tecnología de la Información de Yucatán	<p>En 2012, la asociación civil que había representado al sector de TI, deja de existir, convirtiéndose CANIETI en la única representante del sector de Tecnología de Información y Comunicación en el Estado de Yucatán.</p>

Fuente: Elaboración propia.

En Mérida, Yucatán, la CANIETI ha impulsado proyectos como el Centro de Innovación en Tecnologías de la Información (HEURISITC) dentro del Parque Científico y Tecnológico de Yucatán, la Estrategia Digital de Yucatán, el desarrollo de TALENTO TI a través del Programa de Certificaciones, el Programa Células de Innovación y la colaboración en el desarrollo conceptual de la Universidad Politécnica de Yucatán, todos proyectos en conjunto con el Gobierno del Estado de Yucatán, CONACYT, PROSOFT, México First⁴ (CANIETI, 2019).

Lo anterior ha significado un apoyo financiero gubernamental (estatal o federal) en todos los proyectos. Este contexto contrasta con los diferentes clusters mencionados, primeramente, porque la CANIETI figura como una alianza estratégica (Jalisco / Instituto Jalisciense de TI (IJALTI) y Nuevo León / Consejo para el Desarrollo de la Industria de Software de NL), para los clusters Vortice•IT y Monterrey IT Clúster formados desde la iniciativa empresarial privada, la CANIETI no es considerada como parte integral de los mismos.

⁴ México FIRST fue una iniciativa impulsada por la Secretaría de Economía, la CANIETI, la Asociación Mexicana de la Industria de Tecnologías de Información (AMITI) y la Asociación Nacional de Instituciones de Educación en Tecnologías de la Información (ANIEI), que brindó apoyo en los costos de capacitación y certificación para estudiantes, profesores o empleados de empresas de Tecnologías de Información, así como profesionistas en forma individual (Cardoso, 2014).

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la comparativa, el caso Mérida, Yucatán es un factor diferenciador que permite inferir que el comportamiento de la CANIETI en el sector TI es una representación general de lo que en la materia se ejecuta en el estado, por lo que derivado de este estudio resulta importante atender indicadores de cohesión empresarial, ya que un 54.5% de las empresas del sector no se considera parte de un clúster en tecnologías de información en el estado de Yucatán.

En ese sentido, debe considerarse que la CANIETI Sureste aborda también a las industrias electrónicas y de telecomunicaciones, lo cual contrasta con los clusters dedicados al sector TI. En el caso de Monterrey IT Clúster, está presente una catalogación exclusiva de empresas en el sector TI y la participación de una institución pública de educación superior, en este caso de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) y de otras instituciones educativas privadas. El mismo caso ocurre en Vortice•IT, donde la Universidad Autónoma de Querétaro, el Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI) y el Centro de Tecnología Avanzada del Estado de Querétaro (CIATEQ) participan de manera activa. Desde la parte académica, dentro de un sistema de gestión de la innovación basado en el paradigma de la cuádruple hélice, todos los clusters estudiados tienen colaboraciones en algún grado de integración con centros de investigación nacionales, universidades públicas o privadas, como parte de sus actividades permanentes.

Por su parte y desde 2002, el Programa para el Desarrollo de la Industria del Software y la Innovación (Prosoft) es un programa federal, encabezado por la Secretaría de Economía, para promover el desarrollo y la adopción de las TI, así como la innovación en los sectores estratégicos del país con el objetivo de coadyuvar a incrementar la productividad (Secretaría de Economía, 2011). En 2017, para su tercera edición (3.0) son ajustados sus objetivos específicos en su denominación a Programa para el Desarrollo de la Industria del Software y la Innovación. Sus objetivos específicos son: 1) Formación de capital humano

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

especializado en TI y en innovación en los sectores estratégicos; 2) Generación de investigación aplicada, desarrollo tecnológico e innovación en los sectores estratégicos; 3) Financiamiento para las empresas de los sectores estratégicos para el desarrollo y adopción de las TI e innovación, 4) Generación de infraestructura para el desarrollo y adopción de las TI y la innovación; 5) Generación y difusión de conocimiento en materia de TI e innovación a través de estudios y eventos (DOF, 2017). Para el ejercicio fiscal 2020, el Programa para el Desarrollo de la Industria de Software (PROSOFT) y la Innovación se enfoca en ejes transversales muy específicos: Industria 4.0, logística inteligente (Smart logistics), digitalización y sistematización de servicios (DOF, 2019). A ese respecto, Yucatán está considerado para participar del apoyo gubernamental, el cual ya cuenta con informes preliminares en 2021 donde se observa una estimación potencial de 1711 unidades económicas (Gobierno de Yucatán, 2019; Secretaría de Economía, 2021, p.17) .

En la Tabla 5.9, se muestran las aportaciones en millones de pesos realizadas a través del Prosoft 3.0 y el número de proyectos apoyados para las entidades objeto de este estudio. Llama la atención la comparativa Querétaro – Yucatán respecto al número de proyectos y aportaciones en millones de pesos realizadas durante esos años, en el caso de Yucatán se realizaron 101 proyectos y en Querétaro 30 (PROSOFT, 2015; Secretaría de Economía, 2011). En la parte financiera, los 101 proyectos en Yucatán dirigidos a los objetivos específicos del Prosoft 3.0 alcanzaron los 77,7 millones de pesos, mientras que fueron asignados 38.44 millones de pesos en los proyectos ejecutados en Querétaro.

Tabla 5.9

Indicador Prosoft 3.0

Aportaciones en millones de pesos (\$) y número de proyectos (núm.)

Entidad	2012		2013		2014		2015		2016	
	\$	núm.	\$	núm.	\$	núm.	\$	núm.	\$	núm.
<i>Jalisco</i>	146.42	118	41.16	28	141.45	87	116.79	104	86.52	73
Nuevo León	82.67	56	45.03	31	117.27	76	59.04	28	70.85	33
Querétaro	7.28	8	0	0	2.04	4	9.7	6	19.42	12
Yucatán	0.95	2	15.41	25	19.4	37	23.21	35	18.8	25

Fuente: Elaboración propia con datos del PROSOFT (2015).

Para el caso de Yucatán, es conveniente preguntarse si estos proyectos derivados de apoyos gubernamentales durante 2012-2016 reflejaron cambios relevantes para el sector TI. La investigación de Cima (2017) sobre la industria del software en Mérida, Yucatán identificó que factores como la calidad y la innovación eran relevantes al medir la competitividad de las empresas. Por lo que es pertinente como parte de un aporte a futuro de esta investigación, evaluar si los proyectos derivados de programas federales han aportado a la autonomía empresarial del sector, han fortalecido la injerencia transversal del sector TI dentro de sectores económicos e industriales, y si tales proyectos se enfocaron en mejorar factores como la calidad y la innovación en dichas empresas.

Es parte de este estudio realizar una comparativa de competitividad, por lo que se deben analizar estos datos con base en lo concluido por Caro y Leyva (2008), donde refieren que el cluster de la industria de software en la ciudad de Mérida, Yucatán, pertenece al tipo denominado "Anclado en el Estado", puesto que en él están presentes: conexiones entre la organización estatal y las empresas al margen sobre la base de subcontratos; asimismo, una orientación externa baja del cluster con respecto a las economías de aglomeración y no importante a menos que sea en forma de micro-clusters, es decir, solo aquellos formados por una cantidad mínima de empresas.

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Es preciso comentar que los indicadores y el padrón de proyectos beneficiados en los años 2017, 2018 y 2019 no se encuentran disponibles en las páginas oficiales tanto de la Secretaría de Economía en su apartado Prosoft y en el portal de gobierno abierto. En 2018, el Prosoft sufrió una renovación que encaminó sus reglas de operación al desarrollo de la Industria 4.0, el cambio es publicado en el Diario Oficial de Federación para el ejercicio fiscal 2018 (DOF, 2017). Dentro del Diario Oficial de la Federación se publicaron las disposiciones generales de operación del Prosoft 2018, donde se incorporó la definición de Industria 4.0 como una estrategia industrial donde convergen los sistemas de producción físicos y los sistemas digitales, permitiendo la conexión entre ambos, lo cual implica el desarrollo de plataformas para interoperabilidad con TI para soportar la conectividad con el Internet de las cosas en los procesos industriales o de servicios de alta tecnología; ecosistemas para el desarrollo de sensores con software embebido para control industrial y para el Internet de las cosas, y el ecosistema para desarrollar las capacidades de análisis de los grandes números (Big Data) que se generan en estas interacciones.

Dentro del desarrollo de la Industria 4.0 se unió un componente de vital importancia, la creación de Centros de Innovación Industrial (CII) semipúblicos para conformar ecosistemas de Innovación, dentro de las definiciones generales en el DOF son descritas como un espacio de colaboración a partir de la inversión de recursos públicos y privados, por lo que el acceso no deberá de ser restringido. La coinversión entre gobierno y sector privado tiene como objetivo la formación, especialización y certificación de su capital humano y oferta de servicios especializados. Estos centros se pueden conformar en dos modalidades: la individual y la de consorcio (DOF, 2017).

Con base en la convocatoria del Prosoft, las entidades federativas realizaron sus propuestas de CII, en la Tabla 5.10 se enlistan las propuestas recibidas por la Secretaría de Economía a través del programa con implicaciones directas a la Industria 4.0 para las entidades a estudiar. Cabe mencionar que en la convocatoria

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

podían participar personas morales (empresas), instituciones educativas y gobiernos estatales (PROSOFT, 2019).

Tabla 5.10
Centros de Innovación Industrial (CII) convocatoria Prosoft (1)

Entidad Federativa	Centro de Innovación Industrial (CII)	Año	Sectores
<u>Nuevo León</u>	Lab I4.0: Centro de Innovación Industrial en el Desarrollo e Integración de Talento y Tecnologías en Machine-To-Machine, Internet of Things y Big Data	2017	- Automotriz - Metalmecánica
	Centro de Innovación e Inteligencia Artificial del Monterrey IT Clúster	2018	- Tecnologías de la Información y comunicación enfocada en inteligencia artificial para fortalecer las cadenas productivas de Nuevo León.
	Centro de Innovación Industrial de Ciberseguridad en México	2019	- Tecnologías de la Información
<u>Jalisco</u>	Centro de Innovación en Logística 4.0	2018	-Tecnologías de la Información orientadas a la Logística
	Industria Avícola 4.0 Tratamiento de Gallinaza Mediante IOT	2018	- TIC - Industria Avícola - Agroindustria - Transporte
<u>Querétaro</u>	Creación del Centro Regional de Productividad 4.0 (CEPRODI 4.0) como motor de impulso al sector automotriz y de manufactura y sus empresas proveedoras de Querétaro y el Bajío.	2017	- Automotriz (TIR 1 y 2) - Electrodomésticos - Plásticos (Inyección) - Metalmecánica
<u>Yucatán</u>	Centro de Innovación Industrial de Ingeniería en Inteligencia Artificial para la Zona Económica Especial de Yucatán	2018	- Tecnologías de la Información y Comunicación enfocada en Inteligencia Artificial

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5.10 se indica que el CII para Yucatán tiene injerencia directa con el proyecto de Zona Económica Especial, la cual planteaba intervenir un área delimitada geográficamente, ubicada en un sitio del país con ventajas naturales y logísticas para convertirla en una región altamente productiva (Economía, 2016).

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Su objetivo era democratizar la productividad a nivel regional. Sin embargo, en julio del 2018, derivado de procesos políticos y de transición electoral del poder ejecutivo en el país, el proyecto fue descartado como idea para continuidad en el sexenio 2018-2024, y presupuestalmente fue perdiendo fuerza de cara al ejercicio fiscal 2019 (DOF, 2019a).

Dentro de los informes del Prosoft para el cuarto trimestre del 2019 sobre subsidios para los Centros de Innovación Industrial se perfilaron apoyos financieros. En la Figura 5.25 se muestran los detalles al respecto, destaca un apoyo a la empresa Servicios y Suministros en Informática S.A. DE C.V. ubicada en Mérida, Yucatán. En la figura también se especifica el tipo de apoyo al que hace referencia (1,2,3 y 4), sin embargo, no se muestra la modalidad de creación del CII (Consortio, Individual o si se trata de un CII previamente establecido del Prosoft), por lo que no es posible definir de manera inmediata y con claridad si el Centro de Innovación Industrial de Ingeniería en Inteligencia Artificial, se mantuvo independientemente de la cancelación del proyecto zonas económicas especiales. De igual manera, para Jalisco y Nuevo León no es posible rastrear la injerencia directa de entidades económicas o asociaciones civiles en los proyectos, aunque desde el objetivo de esta investigación y mediante fuentes secundarias de información se realizó un seguimiento a los CII mencionados. En la Tabla 5.11, se muestra información relacionada con tal proceso.

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Figura 5.25

Listado de Beneficiarios Prosoft 4T-2019/CII

INFORME TRIMESTRAL DE PROGRAMAS DE SUBSIDIOS

ANEXO IV. LISTADO DE BENEFICIARIOS

PROGRAMA: Programa para el Desarrollo de la Industria de Software (PROSOFT) y la Innovación

Cuarto Trimestre 2019

(Cifras en Pesos)



Beneficiario	Tipo de apoyo	Entidad Federativa	Apoyos autorizados		Apoyos pagados	
			Fecha Autorizado (DD/MM/AAAA)	Monto Autorizado	Fecha pagado (DD/MM/AAAA)	Monto Pagado
CONSEJO PARA EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DE SOFTWARE DE NUEVO LEÓN A.C.	1,2,3 y 4	NUEVO LEÓN	03/06/2019	\$ 11,734,149.69	24/06/2019	\$ 11,734,149.69
CENTRO DE INNOVACIÓN PARA TECNOLOGÍA DE INFORMACIÓN Y MANUFACTURA A.C.	1,2 y 3	BAJA CALIFORNIA	03/06/2019	\$ 12,262,470.80	24/06/2019	\$ 12,262,470.80
NATURA-PLAN S.A. DE C.V.	1,2,3 y 4	GUANAJUATO	04/07/2019	\$ 14,747,464.30	30/07/2019	\$ 14,747,464.30
SERVICIOS Y SUMINISTROS EN INFORMÁTICA S.A. DE C.V.	1,2,3 y 4	YUCATAN	29/07/2019	\$ 36,715,445.58	30/08/2019	\$ 36,715,445.58
ALQUIMIADIGITAL.MX, S.A.P.I. DE C.V.	1,2 y 3	CIUDAD DE MÉXICO	29/07/2019	\$ 19,500,000.00	28/08/2019	\$ 19,500,000.00
ACI CULIACÁN, S.A.P.I. DE C.V.	1,2,3 y 4	SINALOA	09/09/2019	\$ 28,397,557.06	27/09/2019	\$ 28,397,557.06
FARMACOS MANTE, S.A. DE C.V.	1,2,3 y 4	JALISCO	09/09/2019	\$ 13,012,082.12	09/10/2019	\$ 13,012,082.12
COMPETENZA SERVICIOS, S.C.	1,2,3 y 4	CIUDAD DE MÉXICO	04/07/2019	\$ 8,348,533.92	30/07/2019	\$ 8,348,533.92
BRAINUP SYSTEMS, S.A. DE C.V.	1,2,3 y 4	CIUDAD DE MÉXICO	28/10/2019	\$ 9,133,260.00	05/11/2019	\$ 9,133,260.00
ECO ADVANCED ELECTRONIC SUPPORT, S. DE R.L. DE C.V.	1,2,3 y 4	JALISCO	28/10/2019	\$ 12,567,006.90	05/11/2019	\$ 12,567,006.90
MOLDEO DE PLÁSTICOS FAR, S.A. DE C.V.	1,2,3 y 4	ESTADO DE MÉXICO	28/10/2019	\$ 7,235,253.43	08/11/2019	\$ 7,235,253.43
COMERCIALIZADORA UNIOOSA, S. DE R.L. DE C.V.	1,2 y 3	SAN LUIS POTOSÍ	28/10/2019	\$ 17,626,501.43	05/11/2019	\$ 17,626,501.43
CUSTOMSOFT, S.C.	1,2,3 y 4	SINALOA	08/10/2019	\$ 21,140,593.28	27/11/2019	\$ 21,140,593.28
ANÁLISIS Y PROSPECTIVA TECNOLÓGICA, S.A. DE C.V.	1,2,3 y 4	CIUDAD DE MÉXICO	08/10/2019	\$ 8,220,964.47	27/11/2019	\$ 8,220,964.47
BLUE QUARK GROUP, S.A. DE C.V.	1,2,3 y 4	PUEBLA	08/10/2019	\$ 18,079,851.21	27/11/2019	\$ 18,079,851.21
MXIT GLOBAL, S. DE R.L. DE C.V.	1,2,3 y 4	CIUDAD DE MÉXICO	08/10/2019	\$ 35,748,561.00	27/11/2019	\$ 35,748,561.00
AR TECNOLOGÍA, S.A. DE C.V.	1,2 y 3	JALISCO	08/10/2019	\$ 5,020,803.64	25/11/2019	\$ 5,020,803.64
INNOVATI CONSULTING GROUP, S.A. DE C.V.	1,2,3 y 4	CIUDAD DE MÉXICO	08/10/2019	\$ 35,877,147.00	27/11/2019	\$ 35,877,147.00
OPERADORA MARITIMA DEL PACÍFICO, S.A. DE C.V.	1,2,3 y 4	SINALOA	08/10/2019	\$ 19,129,933.92	25/11/2019	\$ 19,129,933.92
			Total	334,497,579.75	Total	334,497,580
Tipos de Centros de Innovación (CII): 1. Creación de CII en Modalidad Consorcio 2. Creación de CII en Modalidad Individual 3. Apoyo para los CII previamente establecidos del PROSOFT		I/ Rubros o Tipos de apoyo: 1. ADQUISICIÓN DEL EQUIPAMIENTO TÉCNICO ESPECIALIZADO PARA PRESTAR LOS SERVICIOS QUE DEMANDA LA INDUSTRIA. 2. FORMACIÓN Y ESPECIALIZACIÓN DE CAPITAL HUMANO DEMANDADO POR LA INDUSTRIA. 3. SERVICIOS DE CONSULTORÍA PARA IMPLEMENTACIÓN TECNOLÓGICA. 4. ADQUISICIÓN Y/O DESARROLLO DE SOFTWARE ESPECIALIZADO Y/O PLATAFORMAS ESPECIALIZADAS DE ACUERDO A LA VOCACIÓN Y LOS SERVICIOS QUE PRESTARÁ EL CII Y/O PARA LOS PROGRAMAS DE CAPACITACIÓN PROPUESTOS.				

Fuente: Secretaría de Economía (2019).

Tabla 5.11

Centros de Innovación Industrial (CII) convocatoria Prosoft (2)

Entidad Federativa	Centro de Innovación Industrial (CII)	Información
Nuevo León	Lab I4.0: Centro de Innovación Industrial en el Desarrollo e Integración de Talento y Tecnologías en Machine-To-Machine, Internet of Things y Big Data	-En febrero de 2018, se anuncia la construcción del Lab4.0, en su modalidad consorcio (Flores, 2018). -En noviembre del 2018, es presentado como Smart Factory lab 4.0 (U-ERRE, 2019).
	Centro de Innovación e Inteligencia Artificial del Monterrey IT Clúster	-En marzo de 2021, se inauguró el CII desde la modalidad privada, aunado al Clúster IT Monterrey (Gobierno Nuevo León, 2021).
	Centro de Innovación Industrial de Ciberseguridad en México	-No hay información que afirme que esta propuesta se llevó a cabo desde el Prosoft.
Jalisco	Centro de Innovación en Logística 4.0	-No hay información que afirme que esta propuesta se llevó a cabo desde el Prosoft.

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

	Industria Avícola 4.0 Tratamiento de Gallinaza Mediante IoT	<ul style="list-style-type: none"> -En noviembre del 2019, fue presentado el CII en Tepatitlán, Jalisco (SADER, 2019). -Actualmente, se encuentra en funcionamiento (SADER, 2020).
<u>Querétaro</u>	Creación del Centro Regional de Productividad 4.0 (CEPRODI 4.0)	<ul style="list-style-type: none"> - En 2018, inició operaciones el CEPRODI 4.0 (https://ceprodi4-0.org/), en la modalidad consorcio, (Secretaría de Desarrollo Sustentable de Querétaro (Sedesu), la Universidad Tecnológica de Querétaro (UTEQ) y la Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia (FUMEC) (PTMéxico, 2017) . - Su objetivo es impulsar al sector automotriz y de manufactura y sus empresas proveedoras de Querétaro y el Bajío.
<u>Yucatán</u>	Centro de Innovación Industrial de Ingeniería en Inteligencia Artificial	<ul style="list-style-type: none"> -El CII existe desde la página https://smartia.org.mx/, sin referencias periodísticas que hablen al respecto o que al igual que los otros CII refieran instalaciones físicas, ya en operación. -Cuenta con una red social creada el 25 de febrero del 2020 y que actualmente es seguida por 26 personas. -Refiere instalaciones en el Parque Científico Tecnológico de Yucatán, México. -Se identifica la modalidad de creación de consorcio: Plenumsoft, Universidad Politécnica de Yucatán y CANIETI.

Fuente: Elaboración propia.

A diferencia de los otros CII mencionados en la Tabla 5.11, el caso Yucatán es limitado en cuanto a información referente al CII SMARTIA se trata. Se observaron sesgos de transparencia a la información, derivado del análisis de su portal web y medios digitales disponibles. En el portal web del CII SMARTIA destacan como parte del consorcio de creación, los logotipos de la Secretaría de Economía, CANIETI, la Universidad Politécnica de Yucatán, el Instituto Tecnológico de Investigación Científica y Tecnológica A.C. y la empresa Plenumsoft. En cuanto a su oferta de servicios destacan una maestría en inteligencia artificial, cursos de entrenamiento para especialistas en el tema y consultoría especializada en AI. Sin embargo, no se explica a detalle el know-how y no existen vínculos en la página para encontrar más detalles.

Ante esto, la posición de competitividad inicial que suscita la creación de un CII en las entidades estudiadas, se ve limitada por elementos de falta de claridad,

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

difusión y operatividad del CII en el contexto regional en Yucatán. Una conclusión relevante deriva de la pertinencia en la propuesta de creación del CII en Inteligencia Artificial y los datos obtenidos en el presente estudio, ya que se identificó que la capacidad tecnológica sobre Inteligencia Artificial es la más débil en cuanto a grado de dominio fue posible medir para la muestra conformada por líderes de desarrollo de software en el sector TI. Sin embargo, se observa que situaciones de falta de vinculación, difusión y operatividad de estos esfuerzos abonan a la percepción de los directores generales encuestados sobre considerar insuficientes y fallidas las estrategias gubernamentales respecto al sector TI (86.3%). Asimismo, mencionan no haber obtenido apoyos de programas federales (68.1%) y no considerarse parte de un cluster en TI (54.5%).

Para fines de la investigación en cuanto al análisis comparativo, es posible concluir que los instrumentos de política económica como el Prosoft, tanto de fomento a la producción de software, como de fomento a la innovación, están jugando un papel estratégico en la implantación de la Industria 4.0 desde el software, dado su alcance transversal respecto a las tecnologías habilitadoras de dicho paradigma tecnológico en todo el país. Sin embargo, el tema central es que una profundización del uso de software depende de la complejidad de la estructura productiva y del peso relativo de las actividades económicas locales, esto se puede observar en los sectores que son atendidos con los CII (aeronáutico, automotriz, electrónico, textil, agroindustrial, logístico).

En el caso de Yucatán, esta entidad aún se encuentra en un proceso introspectivo ya que no cuenta con la claridad suficiente para iniciar acercamientos precisos en la materia, prueba de ello, son los beneficios que son expuestos en el portal del Centro de Innovación Industrial sobre inteligencia artificial, ya que no se clarifican las industrias que se beneficiarán de la AI, ni la perspectiva del CII dentro del desarrollo regional a largo plazo (Smartia, 2020). En la Tabla 5.12 se muestra un cuadro comparativo con las características identificadas en cada una de las entidades estudiadas.

Tabla 5.12

Cuadro comparativo del sector TI en entidades estudiadas

Entidad	Jalisco	Nuevo León	Querétaro	Yucatán
Conectividad 86.3 millones de usuarios conectados en 2021	Oeste 11%	Noreste 16%	Centro Norte 13%	Región Sureste 7%
Tendencias tecnológicas I4.0	<ul style="list-style-type: none"> Ciudades inteligentes, Comunicación 5G, Ciberseguridad, Transformación digital de negocios tradicionales con SaaS, eCommerce e Inteligencia Artificial. 	<ul style="list-style-type: none"> Impresión 3D, Láser, sensores, Comunicación 5g, IoT, Cloud computing y BigData. 	<ul style="list-style-type: none"> Impresión 3D , Software embebido, e-learning, IoT, Software de movilidad y BigData. 	<ul style="list-style-type: none"> Inteligencia Artificial, Software embebido, Robótica Computacional, BigData.
Clusters en TI	<ul style="list-style-type: none"> Consorcio de Exportación de Tecnologías de Información CTI Jalisco Instituto Jalisciense de TI (IJALTI) 	<ul style="list-style-type: none"> Monterrey IT Clúster Consejo para el Desarrollo de la Industria de Software de NL 	<ul style="list-style-type: none"> Vortice•IT, inicio operaciones en 2017, en https://vorticeit.mx/, sin un registro ante CANIETI (Valencia, 2017) 	NO hay un cluster TI constituido, la CANIETI representa el sector TIC, y agrupa a empresas bajo la modalidad de afiliados.
Centros de Innovación Industrial (ver Tabla 5.11)	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>1</u>	<u>1*</u> Sin verificación de funcionamiento.
Sectores vinculados al sector TI	<ul style="list-style-type: none"> - TIC - Industria Avícola - Agroindustria - Transporte - Industrias creativas 	<ul style="list-style-type: none"> - Automotriz -TIC - Aeroespacial -Metalmecánica -Energía 	<ul style="list-style-type: none"> - Automotriz (TIR 1 y 2) - Electrodomésticos -Plásticos (Inyección) - Metalmecánica - Aeroespacial 	Sectores estratégicos con pertinencia: <ul style="list-style-type: none"> -Logística -Tecnologías de la Información -Turismo -Agroindustria -Energías renovables
Apoyo Prosoft (2012-2016) Núm. proyectos / millones MX	410 / 532.36	173 / 374.86	30 / 38.44	101 / 77.7

Fuente: Elaboración propia.

5.6.2 Estrategias y proyectos de gestión tecnológica para fortalecer la transición a la industria 4.0

En torno a la industria 4.0 las entidades estudiadas han iniciado acciones, estrategias y programas que tienen como objetivo desarrollar la Industria 4.0 al interior de sus sectores económicos más representativos o con mayor oportunidad de crecimiento, en la Tabla 5.13 se muestran estas iniciativas.

Tabla 5.13

Estrategias de gestión tecnológica sobre I4.0

Entidades	Iniciativa	Características
Nuevo León	Estrategia Nuevo León 4.0 (Flores, 2020; Gobierno del Estado de Nuevo León, 2019)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desarrollar técnicos con habilidades para dominar recursos tecnológicos como la nube, robótica, simulaciones, manufactura adictiva, internet de las cosas, big data, materiales avanzados, realidad aumentada y virtual, inteligencia artificial y seguridad informática. 2. Basado en el modelo triple hélice (Academia, Industria y Gobierno). 3. Sectores Estratégicos: Agroalimentos, Salud, Energía, Electrodomésticos, Educación, Tecnologías de Información, Automotriz. 4. Sus pilares estratégicos están enfocados a: desarrollar talento especializado, Habilitar capacidades tecnológicas, Administrar el conocimiento, y gestionar recursos eficazmente. 5. Consideran la creación de un centro de diseño y manufactura digital y colaborar con los CII en materia I4.0.
Jalisco	Proyecto ETS (Estrategia de transformación digital) (Gobierno del Estado de Jalisco, 2021; PROMEXICO, 2018)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Su objetivo principal consiste en definir un marco operativo que sirva como mecanismo central de promoción, generación de inteligencia, escaparate de usos y aplicaciones de la tecnología. 2. Liderado por la Secretaría de Desarrollo Económico (Sedeco) y CANIETI Occidente, quienes tienen la misión de desarrollar un mapa de ruta de las TI, potenciar las fortalezas actuales del estado, la promoción activa del sector y el desarrollo del capital humano e industrial existente. 3. El modelo está soportado en la participación de la triple hélice, el cual permitirá consolidar micro-ecosistemas para la creación, administración, e inserción de conocimientos científicos y tecnológicos, así como nuevos formatos de adopción de tecnologías que impulsen el desarrollo de los sectores estratégicos. 4. Busca incrementar las capacidades empresariales fomentando la digitalización en las micro, pequeñas y medianas empresas, mejorando su desempeño en los procesos industriales, comerciales y/o de exportación. 5. Pretende el diagnóstico, para evaluar el grado de madurez digital de las empresas en sus procesos; la enseñanza y actualización continua en las tecnologías y la adopción de mejoras en los procesos de las empresas.

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Querétaro	Ecosistema iQ4.0(CIMAA, 2020; UTEQ, 2020)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cuenta con 3 ejes clave: 1) Transformación Digital e Industria 4.0 para empresas, sectores y clústeres, 2) Promoción de Inversiones Estratégicas de inteligencia competitiva y 3) Ecosistema de financiamiento e innovación mediante campus de innovación, mapeo y gestión de fondos para la innovación y desarrollo económico. 2. Identifica Áreas de Innovación Objetivo (AIO), donde destacan la Inteligencia Artificial, Automatización, Robótica, Modelación y simulación, análisis avanzado de datos, software embebido, manufactura adictiva e internet de las cosas (IoT) 3. Considera el establecimiento de un índice de Innovación 4.0 basado en un análisis de madurez digital y para la innovación de 300 empresas del estado. Plataforma de evaluación desarrollada a partir de modelo de análisis de resultados de negocio y distribución de salarios. 4. Considera un programa de especialización que implique generar capacidades para desarrollar nuevos modelos de negocio para ambientes digitales, analizar los nuevos retos provenientes de los cambios de paradigma de Industria 4.0 y comprender el impacto de las tendencias tecnológicas, económicas y sociales sobre el futuro de una empresa. 5. Organizar un Bootcamp de industria 4.0 con Pymes y especialistas de Google, Facebook, Intel, Festo, ATT, etc. En las temáticas definidas en la estrategia de convergencia y de acuerdo al nivel de madurez de las empresas.
Yucatán	Plan Estatal de Desarrollo en Yucatán 2018-2024.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dentro de rubro Educación Superior y Enseñanza Científica y Técnica, en la Estrategia 6.1.1.2. Vincular de manera sostenible y permanente el sector productivo con el educativo para satisfacer la demanda actual y emergente de capital humano de las empresas, existen las siguientes líneas de acción, que desde la perspectiva I4.0 son pertinentes. <ul style="list-style-type: none"> 6.1.1.2.1. Promocionar a las universidades como centros de capacitación certificados para la profesionalización basada en competencias laborales de calidad. 6.1.1.2.2. Impulsar programas de formación continua para personal de las empresas, con especial énfasis en las capacidades científicas y técnicas. 6.1.1.2.3. Generar alianzas entre las universidades, centros de investigación, instituciones tecnológicas e iniciativa privada para la formación de capital humano de calidad acorde a la demanda del mercado laboral. 6.1.1.2.4. Desarrollar una oferta de educación superior adaptada a la demanda de la industria 4.0. <p>Hacia ese sentido han surgido iniciativas como:</p> 2. La construcción de 3 laboratorios, uno sobre logística industrial 4.0 y dos de innovación, diseño y manufactura, estos dos últimos enfocados al sector aeronáutico (Gobierno de Yucatán, 2020). Estos últimos ya están operando en la Universidad Politécnica de Yucatán y en la Universidad Tecnológica Metropolitana (Novedades Yucatán, 2021b, 2021a).

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Esta comparativa permite identificar que si bien en Yucatán no se cuenta con una estrategia tan elaborada y cercana a los sectores económicos e industriales más representativos como lo sería el turismo y la manufactura textil, sí se observan avances respecto a incursionar en nuevas apuestas productivas como el sector aeronáutico o logístico. En Mérida, Yucatán el sector TI debe seguir en paralelo a los esfuerzos gubernamentales, contribuyendo a la especialización de recursos humanos en capacidades tecnológicas y de innovación, por lo que es necesario fortalecer un modelo de cuádruple hélice en el tema de innovación, ciencia y tecnología, a fin de trazar un mapa de ruta que tenga como centro el capital humano y factores intangibles como el conocimiento y la planeación estratégica desde el enfoque de la industria 4.0 en el contexto regional.

El sector TI en Mérida, Yucatán requiere identificarse asimismo desde la industria del software como un habilitador de nuevas economías, incluso bajo la dualidad económica actual entre lo digital y del conocimiento. La industria del software tiene en el capital intelectual, un recurso inagotable y en constante evolución tanto para quienes la desarrollan, y quienes consumen y comercializan productos y servicios de software. Si bien, programas como el Prosoft buscan desarrollar el sector TI mediante el desarrollo de capital humano cualificado y el fomento a la innovación, los recursos financieros son limitados si son comparados con otros países líderes en el ramo. Adicionalmente como muestra el presente estudio, no hay transparencia en la información respecto a las empresas beneficiadas y los proyectos desarrollados, asimismo existen desigualdades respecto al número de proyectos asignado y el recurso financiero disponible por estado.

El sector TI en Mérida, Yucatán enfrenta retos por lo que es preciso proponer soluciones:

1. Es necesario una política industrial y de innovación a largo plazo, libre de contextos políticos transitorios y diseñada para dar balance al crecimiento regional desde la perspectiva de la Industria 4.0 y sus tecnologías habilitadoras, explotando de

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

estas, sus ventajas comparativas y de conocimiento, con el objetivo de fomentar el desarrollo económico estatal.

2. El presente estudio mostró que existen necesidades formativas y áreas de oportunidad en el desarrollo de capacidades tecnológicas en cómputo en la nube, Big Data, Internet de las cosas e inteligencia artificial, sin embargo, es necesario que tanto empresas e Institutos de Educación Superior diseñen estrategias formativas y actualizaciones en materia curricular respectivamente para la formación de profesionales en tales competencias técnicas, sobre todo cuando empresas extranjeras intentan outsourcing internacional (offshoring) y el sector TI busca expandir el ámbito de su actividad profesional. Prueba de ello es The Kquare Group, empresa de origen estadounidense y de capital de la India, dedicada al desarrollo de software especializado, la cual ha establecido oficinas en Mérida, Yucatán junto con convenios académicos con la UPY y UADY (El Diario de Yucatán, 2021; The Ksquare Group, 2021; UADY, 2019).

3. El manejo del idioma inglés desde enfoques técnicos será un factor cada vez más determinante en aspectos como la transferencia de tecnología y procesos de adquisición y producción de conocimiento técnico en la Industria 4.0 para el sector TI en Mérida, Yucatán, el sector TI debe fomentar el desarrollo de esta competencia.

4. Es necesario que, en Yucatán la estrategia digital a 2024 enfocada a incrementar y mejorar el acceso a las redes y servicios de telecomunicaciones sostenibles e incluyentes en las ciudades y comunidades del estado no se detenga, ello permitirá el desarrollo de productos y servicios de software (SaaS) basados en voz, video-imagen y datos, en beneficio de las MiPymes y sus procesos de transformación digital. Así mismo, el estado debe fomentar el acceso a hardware TIC, mediante computadoras y dispositivos inteligentes para impulsar la tecnificación digital en las actividades comerciales (Gobierno de Yucatán, 2018).

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5. Desde un modelo de cuádruple hélice para la innovación, es necesario que la sociedad civil y las instituciones educativas en Mérida, Yucatán, fomenten una cultura de emprendimiento de proyectos tecnológicos locales, ya sea mediante centros de innovación y desarrollo tecnológico universitarios, la formación de asociaciones civiles con intereses y objetivos destinados a socializar el uso de nuevas tecnologías en sectores económicos estratégicos, medir su impactos sociales y evaluar la generación de competencias técnicas en el mercado de trabajo.

6. El presente estudio identificó probables sinergias entre la academia y el sector TI en Mérida, Yucatán. Desde la innovación de gestión es necesario caracterizar nuevas metodologías en gestión de proyectos, promover el uso de herramientas de dirección estratégica para el análisis sistémico del entorno sectorial (comportamiento de productos y servicios, clientes y nuevos mercados), conocer las barreras de entrada que evitan la generación de alianzas estratégicas y colaboraciones tanto al interior de las universidades y empresas de software, ya que esa unión representa un eslabón vital en la cadena de la industria local.

7. Es necesario que las empresas del sector TI en Mérida, Yucatán se agrupen en un cluster exclusivo para TI, enfocado en fortalecer relaciones horizontales y verticales con sectores económicos e industriales estratégicos, alineado a tendencias tecnológicas óptimas para desarrollar productos y servicios de software que permitan la vinculación económica y el desarrollo regional, y finalmente esté basado en una economía del conocimiento. Este *cluster* debe contar con la participación de instituciones de educación superior públicas y privadas, así como centros de investigación regionales, adicionalmente puede valerse de iniciativas como el Centro de Innovación en Tecnologías de la Información (HEURISTIC) dentro del Parque Científico Tecnológico de Yucatán, donde empresas del sector podían contar con espacios físicos y servicios compartidos como servidores virtuales, salas de capacitación y juntas e internet a través de afiliaciones. Esta iniciativa actualmente no está operando, debido a la pandemia por COVID-19 (Heuristic, 2021). Entre las políticas del *cluster* TI debe encontrarse la autonomía operativa, donde la CANIETI y

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

otras entidades gubernamentales puedan colaborar estratégicamente y generar alianzas de vinculación con empresas de software en todo Yucatán.

La estrategia de gestión tecnológica para fortalecer la transición a la industria 4.0 desde la digitalización de las MiPymes de tecnologías de información en Mérida, Yucatán, propuesta en este estudio tiene 4 perspectivas teóricas: la primera de ellas es la serie de procesos de gestión tecnológica para las MiPymes propuesto por CamBioTec-CONACyT (vigilar, planear, habilitar, proteger e implantar), la segunda deriva de las estrategias de especialización y diferenciación; finalmente, la tercera y la cuarta parten de la competitividad sistémica y sus 10 capitales.

En la Tabla 5.14 se muestran las etapas de gestión tecnológica y los elementos que en el marco del presente estudio son propuestos como acciones para el sector TI en Mérida Yucatán.

Tabla 5.14

Estrategia de gestión tecnológica en el sector TI

Etapas	Descripción	Acciones propuestas
Vigilar	Es la exploración y búsqueda en el entorno, que realiza la organización, de señales e indicios para identificar amenazas y oportunidades de innovación tecnológica: necesidades de los clientes, comportamiento de los competidores, nuevas tecnologías que llegan al mercado, desarrollos tecnológicos con potencial comercial, normas y cambios en legislaciones.	<ol style="list-style-type: none">1. Elaboración de estudios de mercados y clientes, elaboración de estudios de competitividad, y monitoreo tecnológico.2. Hacer uso de la inteligencia competitiva (IC) como un programa sistemático para identificar, coleccionar y analizar información sobre el entorno y las actividades propias de una organización, así como para utilizar oportunamente tal información para la toma de decisiones⁵.3. En este punto es vital que el sector TI cuente con un mapa de ruta tecnológica, un documento que permita identificar objetivos de producto y proceso, a partir de necesidades del mercado, junto con las alternativas tecnológicas viables para alcanzar dichos objetivos, identificando simultáneamente los hitos de

⁵ “Si conoces a los demás y te conoces a ti mismo, ni en cien batallas correrás peligro”. Sun Tzu, general chino, autor de El arte de la guerra.

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

		avance y alternativas tecnológicas, como resultado de la vigilancia tecnológica.
Planear	<p>Implica el desarrollo de un marco estratégico tecnológico que permita seleccionar líneas de acción que deriven en ventajas competitivas. Implica la elaboración de un plan tecnológico que se concreta en una cartera de proyectos.</p>	<p>1. La planeación estratégica es un proceso continuo, flexible e integral, que genera una capacidad de dirección, por lo que esta acción indica la formación de habilidades directivas en los líderes del sector TI en Mérida, Yucatán desde el paradigma de la Industria 4.0. El estudio identificó diversidad en el concepto de industria 4.0 entre los directivos participantes.</p> <p>2. Las empresas de software deben realizar de manera interna una auditoría tecnológica con la finalidad de registrar y evaluar, sistemática y periódicamente, el potencial tecnológico de la empresa, de forma tal, que se asegure que la tecnología pueda ser utilizada en forma eficaz para el logro de los objetivos estratégicos.</p> <p>3. Es conveniente que en el marco de la Industria 4.0, las empresas deban realizar un análisis FODA, para diagnosticar la situación actual de la empresa y en función de ello, tomar decisiones acordes con los objetivos y políticas formulados. Los objetivos estratégicos que deben observarse son el desarrollo tecnológico, la autonomía financiera y el empleo eficiente de recursos.</p>
Habilitar	<p>Es la obtención, dentro y fuera de la organización, de tecnologías y recursos relacionados con las capacidades, infraestructura y recursos necesarios para que una empresa pueda ejecutar sus proyectos e innovar en sus productos o servicios.</p>	<p>1. Asimilación de tecnología. El sector TI en Mérida, Yucatán requiere obtener provecho de tecnologías, propias o producto de un licenciamiento, este aspecto se fortalece a través de programas de capacitación, de correcta documentación de las tecnologías de la empresa, del desarrollo de aplicaciones de tecnologías genéricas y de una gestión eficiente de recursos.</p> <p>2. Transferencia de tecnología. Comprende las etapas de investigación, desarrollo, vinculación y alianzas estratégicas; plantea la necesidad de identificar y evaluar oportunidades de mejora de tecnología, elegir la mejor opción de acuerdo al mercado objetivo e incorporar nuevas tecnologías con mayor rapidez y eficiencia y, desde luego, buscar los recursos de protección para dichos desarrollos (Patentes y licenciamientos).</p> <p>3. Formulación y administración de proyectos. En este punto las empresas de software deben dar seguimiento a sus proyectos de forma organizada y sistemática. Ello implica el monitoreo, medición y avance del conjunto de programas o proyectos</p>

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

		<p>tecnológicos, encaminados a ejecutar el plan tecnológico, involucra la gestión de recursos financieros, técnicos y humanos para lograr los fines previamente establecidos y permitan a la empresa generar valor.</p> <p>4. Gestión del conocimiento. Es un proceso sistemático de generación, documentación, difusión, intercambio, uso y mejora de los conocimientos individuales y organizacionales, valiosos por su aporte competitivo a la organización. El sector TI debe codificar los conocimientos tácitos en materia tecnológica, racionalizarlos y secuenciarlos para detonar la creación e innovación al interior de las empresas de software.</p>
Proteger	<p>Implica reconocer los elementos tecnológicos que ha desarrollado la empresa y que le representan posibilidades de negocio, con el fin de decidir la mejor forma de protegerlos legalmente, haciendo uso de los títulos de propiedad intelectual idóneos, así como una estrategia para manejar su información confidencial.</p>	<p>1. Desde la globalización tecnológica, el sector TI debe contar con una política sobre la adquisición de propiedad intelectual. Ninguna empresa puede generar todos los conocimientos que requiere. Lo normal es requerir técnicas, elementos de procesos, software, prácticas de comercialización, documentos o marcas que no son propiedad de la empresa.</p> <p>2. Las empresas del sector TI deben proteger desde la figura de la patente su derecho a la explotación comercial (producción, uso o venta) de su invención de manera exclusiva, durante un tiempo determinado; por lo que deben acercarse a instancias como el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial para proteger incluso marcas y modelos de utilidad.</p>
Implantar	<p>Su objetivo es lograr que la innovación se lleve a cabo en la empresa desde las distintas fases de desarrollo, escalamiento, ingeniería, etc., hasta el lanzamiento final de un producto nuevo o mejorado en el mercado, o la implantación o adopción de un proceso nuevo o mejorado dentro de la organización.</p>	<p>1.El sector TI debe incursionar en nuevos mercados, desde estrategias de innovación y especialización en uso de tecnologías de la Industria 4.0.</p> <p>2.Los procesos de desarrollo de software deben auxiliarse con mayor intensidad de herramientas TIC, sobre todo en el contexto de teletrabajo que se encuentra en más del 90% de las empresas de software en Mérida, Yucatán.</p> <p>3. Es vital que en las estrategias deliberadas (Mintzberg & Waters,1985) de las empresas del sector TI, se encuentren aspectos como la transferencia y adquisición de tecnología, vigilancia tecnológica, alianzas estratégicas, áreas de especialización e investigación y desarrollo en el contexto de la I4.0.</p>

Fuente: Elaboración propia con datos de (CamBioTec A.C., 2016)

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El sector TI en Mérida, Yucatán debe “en el corto plazo” concentrar sus esfuerzos en las nuevas tecnologías de la industria 4.0 y la transformación digital de diversos sectores económicos e industriales estratégicos. Derivado de este estudio se propone el uso de una estrategia de diferenciación y especialización en sector TI. Para ello es necesario que se presente una oferta cuyo valor se perciba diferente de la oferta de referencia y que resulte atractiva para todo el mercado o parte de él. Dicha oferta radica en la incorporación de las tecnológicas: cómputo en la nube, Internet de las cosas, Big Data e inteligencia artificial dentro de sus productos y servicios de consultoría y desarrollo de software.

El sector TI en el Estado presenta perspectivas de desarrollo en el marco de la Industria 4.0, por lo que estrategias de especialización mediante las vías geográficas y de producto/mercado son pertinentes, es decir, ubicar los mercados naturales y sus posibilidades de expansión, así como identificar los productos y servicios de software adecuados a dicho mercado. La diversificación estratégica supera la simple ampliación del campo de actividad de la empresa. Mientras que la especialización se basa en la puesta en práctica de un único y aprendido conjunto de técnicas, la diversificación impone la utilización de un paquete técnico requerido para el nuevo universo competitivo en el que desee incursionar la empresa (Hill & Jones, 2011).

Para construir estos paquetes de conocimiento y *know how*, el sector TI debe identificar su profesionalidad base, es decir el conjunto de factores clave que configuran su área de negocio. La diversificación en el sector TI en Mérida, Yucatán tiene su pivote en la tecnología y el mercado. La empresa de software que pase fácilmente de una tecnología habilitadora a otra en el contexto de la Industria 4.0 adquiere, a medida de sus necesidades, las competencias técnicas que necesita para atender a nuevos clientes, ampliando su gama de productos y su cartera de negocios (Larrosa, 1995). El presente estudio atendió 4 tecnologías pertinentes de desarrollo para el sector TI, los resultados obtenidos permiten concluir que las empresas en Mérida Yucatán que lo conforman ya trabajan en menor o mayor grado de dominio con ellas, por lo que deberán paulatinamente integrar verticalmente dichas tecnologías

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

dentro de la empresa para poder diversificarse horizontalmente (áreas de negocio diferentes a su actividad principal) en el marco de la Industria 4.0.

La ventaja competitiva sustentable se obtiene cerrando la brecha de la competitividad respecto al líder y ampliándola respecto del competidor que va detrás. La mejora y la innovación continuas constituyen una forma de garantizar la competitividad a lo largo del tiempo. La única forma de obtener esta ventaja es por medio del desarrollo y el fortalecimiento de empresas competitivas sustentables: Inteligentes en la organización, Flexibles en la producción y Ágiles en la comercialización (IFA). Estos aspectos son pertinentes desde la perspectiva de la industria 4.0 y el sector TI.

Con este enfoque, la ventaja competitiva sustentable se obtiene a partir de la innovación, generada por el conocimiento productivo aplicado al negocio por medio de la formación, la acumulación y el uso pleno del capital intelectual, el cual se vuelve el factor estratégico de la competitividad; el reto está en administrarlo, como factor de producción de nuevo conocimiento. La competitividad sistémica surge como un paradigma alternativo de la competitividad de las naciones ante la globalización y cuenta con 3 pilares fundamentales: 1) la estrategia de crecimiento equilibrado con ambos motores: el externo y el interno; 2) la estrategia de industrialización tridimensional apoyada en los pivotes exportador, de sustitución competitiva de importaciones y endógeno de crecimiento, y 3) la política de competitividad sistémica basada en los seis niveles y los diez capitales (Villarreal & Ramos, 2001).

En la Tabla 5.15 se muestra a detalle este último componente, se enfatiza que la propuesta sugerida en este estudio está enfocada al nivel mesoeconómico, donde fortalecer el capital organizacional, permitiría generar economías de la aglomeración basadas en la articulación productiva entre empresas por medio de cadenas empresariales, entre empresas de diferentes sectores que forman los conglomerados productivos o clusters, y entre comunidades y ciudades que forman los polos regionales de desarrollo. Para el caso del sector TI, habilitar el capital logístico implica

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

el desarrollo de la competitividad mediante la integración de ejes de infraestructura integrales relacionados principalmente con telecomunicaciones y energía (Esser et al., 1996).

Tabla 5.15

Niveles y capitales de la política de competitividad sistémica.

Nivel		Tipo de capital
Nivel microeconómico (empresas)	→	Empresarial
		Laboral
Nivel mesoeconómico (cadenas empresariales, conglomerados productivos y polos regionales)	→	Organizacional
		Logístico
		Intelectual
Nivel macroeconómico (competitividad cambiaria, financiera y fiscal, demanda plena y sostenida)	→	Macroeconómico
Nivel internacional (fomento de las exportaciones)	→	Comercial
Nivel institucional (gobierno con calidad: promoción y fomento de los servicios públicos y estado de derecho)	→	Institucional
		Gubernamental
Nivel sistema político-social (desarrollo social integral y estabilidad política)	→	Social

Fuente: Elaboración propia con datos de (Villarreal & Ramos, 2001)

Finalmente, el capital intelectual, requiere que el sector TI se enfoque en la capacidad creativa sistémica para promover la innovación en diversos campos por medio de un Sistema Regional de Innovación apoyado en nuevos enfoques de formación y capacitación desde las empresas, que privilegien nuevas metodologías de aprendizaje en los propios procesos del trabajo productivo, donde el conocimiento sea una herramienta estratégica en la construcción económica, política y social. El conocimiento es un recurso nacional, propio, con un fuerte componente de elaboración local (Arocena & Sutz, 2003). Adicionalmente, el paradigma tecnológico actual ha traído consigo la consolidación del modelo de innovación de cuádrade hélice, que considera el ambiente social en el análisis.

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El desarrollo de nuevas tecnologías bajo el concepto de fábrica inteligente tiene un rol preponderante, ya que se perfilan cambios sociales que aún no es posible vislumbrar en esta revolución industrial. En la Tabla 5.16 se presenta un resumen de los objetivos específicos abordados y los principales hallazgos derivados de la presente investigación.

Tabla 5.16

Objetivos específicos y principales resultados

Objetivo	Descripción	Resultados
1	Identificar las dimensiones que permitirían medir el nivel de madurez digital e implementación tecnológica en las MiPymes del sector de tecnologías de información en Mérida, Yucatán desde la perspectiva de la Industria 4.0.	Se diseñó un modelo de medición para la dimensión empleados a partir de 3 variables: procesos, tecnología y organización 36 % de las empresas realiza sus actividades en al ámbito nacional. 54.5% de las empresas o se considera parte de un cluster TI. 68.1% de las empresas no cuenta con alguna certificación sobre desarrollo de software. 68.1% no ha recibido apoyo gubernamental.
2	Identificar las capacidades tecnológicas y de innovación que podrían ser desarrolladas por las MiPymes de tecnologías de información en Mérida, Yucatán para facilitar la transición a la Industria 4.0.	El promedio de edad de los líderes de proyectos de software es está entre 28 y 36 años . 87.4 % de los coordinadores de proyecto son del género masculino. 52.9% de líderes de proyecto cuento con una certificación al respecto. La capacidad de innovación mejor evaluada fue la de producto, seguida de proceso. La cooperación con otros miembros del equipo fue la habilidad blanda o soft skills mejor evaluada, seguida por gestión del tiempo.
3	Identificar la posición competitiva del sector de tecnologías de información en Mérida, Yucatán respecto a las ciudades de Querétaro, Jalisco y Nuevo León desde la perspectiva de la Industria 4.0	Yucatán no cuenta con un cluster TI exclusivo Derivado del Prosoft, Mérida, Yucatán cuenta con un Centro de Innovación Industrial en Inteligencia Artificial. Aunque, Mérida supera a Querétaro en número de proyectos apoyados gubernamentalmente y en monto financiero otorgado, no se ha podido establecer una vinculación del sector TI con algún sector económico estratégico. Todas las entidades estudiadas tienen al menos una de las tecnologías habilitadoras entre sus tendencias tecnológicas a desarrollar en el marco de la I4.0.
4	Proponer estrategias y proyectos de gestión tecnológica para fortalecer la transición a la Industria 4.0 desde la digitalización de las MiPymes de tecnologías de información en Mérida, Yucatán.	A diferencia de las otras entidades estudiadas, Yucatán no cuenta con un mapa de ruta sobre Industria 4.0 Se definieron elementos de acción en el marco de una estrategia de gestión tecnológica para MiPymes del sector TI. Se identificó que el capital intelectual y la gestión del conocimiento en el sector TI son factores competitivos claves para la región. Se caracterizaron 7 principales retos del sector TI.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

La investigación presentada estuvo orientada a alcanzar los objetivos específicos planteados, mismos que se concatenan con el objetivo general de la investigación. Con referencia al objetivo 1: identificar las dimensiones que permitirían medir el nivel de madurez digital e implementación tecnológica en las MiPymes del sector de tecnologías de información en Mérida, Yucatán desde la perspectiva de la Industria 4.0, se puede concluir que desde la figura de los mandos directivos, el liderazgo ejercido en las empresas aparentemente está preparado para adoptar la transformación digital en el sector TI, sin embargo, es preciso no obviar la coyuntura interpersonal y de causalidad personal que refiere suponer una autoevaluación de dichos procesos.

Posterior a la dimensión de liderazgo, destacan las referentes a empleados y procesos operacionales con una evaluación dentro de los niveles altos de la escala (4 y 4.25) respectivamente; vistas estas 3 dimensiones de manera conjunta presentan un escenario a priori que representa una ideología digital más madura del sector IT, es decir, se puede concluir mediante un acercamiento estadístico que para la digitalización y su poder de transformación empresarial; el sector TI en Mérida, Yucatán, indica estar preparado en torno al liderazgo ejercido en la organización, su capital humano y sus procesos operacionales.

A ese respecto y siguiendo una lógica de tercias para fines de análisis, destacan las evaluaciones de las dimensiones tecnología (3.99), cultura digital (3.99) y organización (3.92), las cuales son dimensiones evaluadas cercano a los niveles altos, sin embargo, bajo las consideraciones estadísticas de la escala Likert, se encuentran ya en campo de la neutralidad, un rango que implica incertidumbre en la respuesta de cada ítem y que puede, por un lado, aproximarse a un área de

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

oportunidad a trabajar o desarrollar y al mismo tiempo, representar la posibilidad de no otorgar una respuesta más certera. Con ese análisis previo, se puede concluir que la dimensión tecnología destacó en cuanto al porcentaje de empresas que realizan *software as a service* (SaaS), es decir, aplicaciones que se ejecutan en la internet mediante el *cloud computing* para generar alta accesibilidad de usuarios a un cierto servicio, apenas supera el 55%. Ello sugiere que el resto de empresas probablemente solo desarrollen software modular, es decir, ciertos componentes de un todo, lo que puede llamarse en la analogía de la manufactura, maquilar software, sin contar con los beneficios de distribuir y gestionar el producto final o desarrollarlo todo a fin de venderlo o licenciarlo como una solución integral y escalable.

En el ámbito de la dimensión cultura digital, existe una consideración relevante para el análisis, una de las preguntas, ¿considera que la digitalización limita la comunicación verbal en la empresa aislando a sus integrantes?, obtuvo un 68% de respuestas en los valores bajos de la escala, evidentemente el valor en la respuesta esperada afecta el promedio de la dimensión para la muestra. Sin embargo, esta dimensión que incluye aspectos sobre la promoción de acceso a nuevos conocimientos mediante plataformas digitales de aprendizaje, contar con las herramientas TIC necesarias y utilizar la digitalización como una herramienta para el teletrabajo (remote jobs) entra en los promedios mejor evaluados dentro de las 9 dimensiones seleccionadas para del sector TI.

Sobre la dimensión organización, se puede concluir que es preciso trabajar en la realización de ajustes organizacionales y/o estructurales para desarrollar proyectos relacionados con tecnologías de la Industria 4.0. Con base en los reactivos de la dimensión y la calificación promedio obtenida (3.92), esta debe entenderse como la alta variabilidad que tiene la organización en sus procesos administrativos o gerenciales, así como las condiciones externas e internas inherentes a la actividad empresarial, pero que desde la percepción de los mandos directivos se incrementa con la transformación digital. Será necesario innovar en

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

aspectos de dirección estratégica y planeación para mejorar la resiliencia empresarial que este cambio tecnológico implica.

Adicionalmente, la investigación contó con 3 observaciones empíricas derivadas del proceso de recolección de datos realizado en el presente estudio, el cual implicó medios digitales, impresos y de carácter presencial, por lo que es importante documentarlas: 1) todas las empresas participantes del estudio tienen página de internet y por lo menos una red social, 2) ninguna empresa trabaja en 2021 de manera física en oficinas durante la pandemia por COVID-19, por lo que el uso de teléfonos de oficina perdió importancia y 3) los equipos de trabajo están realizando teletrabajo y turnan sus visitas a la oficina a fin de recibir paquetería y hacer guardias presenciales para atender a clientes importantes en reuniones clave.

Finalmente, dentro de las dimensiones con calificaciones promedio más bajas dentro de la tabulación general para 36 reactivos (Figura 5.10) se encuentran Estrategia (3.81), Productos, (3.58) y Clientes (3.52). En la dimensión estrategia se observó que 32% de las empresas ocasionalmente diseñan estrategias sobre la transformación industrial dentro del plan anual de trabajo y de igual manera, un 42% no considera que el desarrollo de productos de software esté relacionado con las tecnologías habilitadoras en la Industria 4.0 (IoT, AI, Big Data). En la dimensión productos, la conclusión es la siguiente, los ítems contrastan entre sí, es decir, por un lado, las empresas concuerdan casi de manera unánime que la digitalización empresarial modifica sus modelos de negocio, sobre todo cuando los nuevos productos se dan en soluciones más cotidianas como comercio electrónico, logística y servicio al cliente. Pero cuando las empresas son cuestionadas sobre elementos técnicos más específicos relacionados con la Industria 4.0, las repuestas apuntan a la nulidad de desarrollos dentro de ese paradigma tecnológico, con porcentajes por arriba del 55%.

Por último, se encuentra la dimensión clientes, a partir del análisis de la Figura 5.7 es posible observar los porcentajes altos para el valor ocasionalmente.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Estadísticamente se destaca que el 45% de las empresas, desde la perspectiva directiva, afirmó casi nunca y ocasionalmente utilizar los datos de los clientes como estrategia de negocio, y un 41% de ellas mencionó que ocasionalmente utilizan y/o desarrollan tecnologías con enfoque de marketing. A este respecto, surgen inferencias como, la que apunta a una dependencia de plataformas tecnológicas globales para la gestión de los clientes de manera más directa, y que tecnologías como la inteligencia artificial (AI) y el desarrollo de algoritmos para modelado de datos son importadas del exterior en forma de SaaS.

De manera general, una de las conclusiones más contundentes respecto al objetivo específico 1 es que la digitalización es entendida por el sector TI como un proceso de maduración al que es necesario aproximarse en función de la globalización tecnológica actual, sin tener claro los cambios a nivel dimensional que son necesarios planificar. Sobre la implementación tecnológica que involucra el paradigma de la Industria 4.0, la dimensión empleados a través de variables como procesos, tecnología y organización juega un papel importante ante la falta de entendimiento sobre las implicaciones de la gestión del conocimiento y capacidades tecnológicas derivadas del desarrollo de productos al integrar las tecnologías habilitadoras para esta revolución industrial.

En cuanto al Objetivo 2: identificar las capacidades tecnológicas y de innovación que podrían ser desarrolladas por las MiPymes de tecnologías de información en Mérida, Yucatán para facilitar la transición a la Industria 4.0. Uno de los hallazgos más significativos fue que el cómputo en la nube o cloud computing se colocó como una de las capacidades tecnológicas más pertinentes para ser implementadas por la región con una evaluación promedio de 3.85, seguido del internet de las cosas (3.37), la cual refiere competencias técnicas que indican la colaboración interdisciplinaria de otras áreas del conocimiento como la electrónica, pero que al mismo tiempo representa una opción de expansión formativa en lo que se refiere al desarrollo de software embebido en hardware, íntimamente relacionado con sistemas ciberfísicos usados por la I4.0 bajo el concepto de fábrica inteligente.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Detrás de estas 2 capacidades tecnológicas se encuentra el Big Data (3.15), tecnología basada en el análisis de grandes volúmenes de datos mediante el uso de algoritmos de modelado de datos y conocimiento estadísticos. Ahora bien, la inteligencia artificial es la capacidad tecnológica con un grado de dominio menor respecto a las otras (2.09), conocimientos sobre técnicas de lenguaje natural y reconocimiento de patrones, así como términos relacionados con aprendizaje automático (Machine Learning) y redes neuronales (Neural Networks), son catalogados con grados de dominios muy bajos en porcentajes del 76% y 71% respectivamente para cada reactivo.

Sobre el objetivo 3: identificar la posición competitiva del sector de tecnologías de información en Mérida, Yucatán respecto a las ciudades de Querétaro, Jalisco y Nuevo León desde la perspectiva de la Industria 4.0, se puede concluir que, en el sureste de México, particularmente el sector TI en Mérida, Yucatán es probablemente el que cuenta con mejores oportunidades de desarrollo. Primeramente, es el estado con más oferta educativa a nivel superior de la región y el sector TI está conformado por empresas exitosas en el desarrollo de software de la mano del sector de comunicaciones. Sin embargo, a diferencia de las ciudades mencionadas existen variables que la ubican por debajo. Uno de estos puntos es la certificación de sus empresas, aspecto relevante para poder validar el correcto desarrollo de software bajo buenas prácticas probadas a nivel internacional; otro aspecto es el desarrollo de productos de software para usuario final y comercializados bajo esquemas de licenciamiento, desde sistemas informáticos hasta aplicaciones móviles por parte del sector TI.

Un factor adicional es el contexto externo, especialmente la injerencia de la política económica estatal, ya que, a diferencia de estas ciudades, Mérida, Yucatán no cuenta con un cluster empresarial consolidado que pueda vincularse con el desarrollo de tecnologías habilitadoras de la I4.0. Por ejemplo, en Jalisco existe un cluster de la industria electrónica, en Querétaro uno para la industria aeroespacial y en Monterrey otro de manufactura e incluso de servicios médicos especializados

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

donde la biotecnología ya se ve beneficiada del desarrollo de aplicaciones y análisis de datos en salud y su monitoreo.

Continuando con el Objetivo número 4, en el que se estableció proponer estrategias y proyectos de gestión tecnológica para fortalecer la transición a la Industria 4.0 desde la digitalización de las MiPymes de tecnologías de información en Mérida, Yucatán. Se estableció una comparativa de las diferentes estrategias al respecto, a partir de allí se propusieron ejes de acción en el marco de una estrategia de gestión tecnológica dentro del sector TI enfocados a la generación de capacidades técnicas y de innovación relacionados con sectores económicos que puedan potencializarse de la mano de tecnologías para la I4.0, también se identificaron soluciones a los retos que el sector TI en Mérida, Yucatán enfrenta en la transición digital y la implementación de nuevas tecnologías. De igual manera, se relacionó la importancia del capital intelectual presente en empresas de software y la gestión del conocimiento a través de factores intangibles como el capital humano, liderazgo, adaptabilidad y diseño de procesos. Así mismo, se resaltó la importancia de reestructurar una nueva forma realizar gestión tecnológica, a partir de la planeación estratégica, la vigilancia tecnológica y la implementación de innovación.

6.2 Recomendaciones

La presente investigación evidenció que al medir competencias técnicas en el sector TI se identificaron correctamente aquellas que son óptimas de desarrollar en el ámbito de la actividad empresarial del sector (Cómputo en la nube, Big Data, Internet de las cosas e inteligencia artificial) esta última fue la tecnología menos explorada en el sector por lo que es necesario establecer las condiciones para desarrollar una correcta gestión del conocimiento en esa área entre los equipos de trabajo, lo cual implicará desarrollar planes estratégicos y de vinculación entre el sector académico, empresas del sector TIC en Yucatán e instituciones gubernamentales, orientadas a la formación de las competencias técnicas planeadas estratégicamente y con atributos de certificación. Se recomienda poner

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

en práctica diferentes mecanismos de cooperación en investigación básica y vigilancia tecnológica por parte de las empresas a nivel regional y nacional con universidades y centros de investigación estatales principalmente. Sin embargo, también es necesario que estas entidades educativas fortalezcan sus estrategias de vinculación y mecanismos de innovación al interior de su organización, sobre todo desde la formación de capacidades tecnológicas entre sus docentes, investigadores y estudiantes.

El sector TI en Mérida, Yucatán no está configurado como un cluster, la investigación evidencia niveles altos de individualidad empresarial, por el momento es relevante mencionar que el sector parece estar desligándose del anclaje gubernamental presente en años previos. Por lo que, el tomar cierta autonomía en sus procesos operativos es de importancia para poder considerar ser parte de un clúster situado en la región. Se deja claro que el sector TI debe enfocarse en procesos productivos nuevos y vinculantes al desarrollo de software (logística, manufactura, comercio, etc.) o formar los propios desde las diversas estrategias de negocio posibles en el desarrollo de software, sean estos productos y servicios licenciados de software, aplicaciones web y/o móviles generados para resolver problemáticas empresariales y necesidades sociales, donde las empresas asumen costos sin apoyos externos.

Los centros de innovación han perdido fuerza y operatividad en el contexto de la pandemia por COVID-19 principalmente en los años de desarrollo de la presente investigación, tal es el caso del cierre del centro de investigación Heuristic Innovation en el parque científico y tecnológico en Yucatán y el estancamiento en 2019 del proyecto de desarrollo de Centros de Innovación Industrial 4.0 de la mano de la Secretaría de Economía a través del Programa para el Desarrollo de la Industria del Software (PROSOFT), es evidente que el contexto actual podría retrasar el desarrollo de proyectos innovadores enfocados a la I4.0 impulsados en términos del sistema de cuádruple hélice desde la sociedad civil y empresarial . Sin embargo, se ha incrementado la adquisición de competencias tanto técnicas como

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

personales de los equipos de trabajo ante las necesidades que las empresas presentan. Están surgiendo otros modelos de aprendizaje tanto presencial y en línea, como lo es la nueva oferta educativa universitaria en el estado, interesada en el desarrollo de la ciencia de datos, robótica computacional y desarrollo de sistemas embebidos en Mérida, Yucatán.

Los resultados muestran que los mandos directivos requieren incorporar las tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0, en sus planes estratégicos en los próximos 10 años y vigilar el desenvolvimiento de dichas tecnologías a nivel nacional y estatal con la finalidad de estar a la par de las estrategias que se proponen para la región sureste, para hacer uso intensivo de la tecnología, con lo que pudieran obtener mayor competitividad.

Una recomendación importante es dar seguimiento a la evolución del concepto que actualmente se tiene sobre el término I4.0 en el sector TI, ya que el concepto actual entre las empresas está más enfocado a la transformación digital de procesos y productos, principalmente mediante el uso de internet, que al contexto industrial y de automatización, es necesario identificar un equilibrio entre los componentes de este paradigma tecnológico y esto se logrará a través de actividades de vigilancia tecnológica e investigación, así como de estrategias de difusión interna en la organización, desde posturas de liderazgo tecnológico.

Si bien, la I4.0 tiene sus fundamentos en el concepto de fábrica inteligente, desarrollado desde un enfoque eurocéntrico y desde posiciones macroeconómicas favorables en países con alto desarrollo económico y tecnológico. La investigación permite identificar que el desfase tecnológico y de innovación presente entre países del norte y del sur, podrá aumentar con el desarrollo de las tecnologías habilitadoras de la I4.0, primero porque en Latinoamérica el concepto I4.0 se desarrollará en su mayoría a través de la adquisición tecnológica y la inversión privada, lo cual determinará qué sectores periféricos como los proveedores de materias prima y servicios encadenados a procesos productivos multinacionales migren con mayor

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

frecuencia dentro del marco de las competencias técnicas especializadas y enfocadas a la construcción de estrategias para la gestión y creación de conocimiento científico y tecnológico, siguiendo el pulso de estas transformaciones empresariales.

Las empresas del sector TI en Mérida, Yucatán deben prestar atención a este paradigma tecnológico presente en la digitalización y la I4.0, pero observando a la tecnología como un paquete de conocimientos aplicados y susceptibles de ser desarrollados. Derivado del presente estudio, se puede inferir que se está en una década digital inmersiva y generadora incluso de nuevos modelos de teoría económica. México, probablemente no entrará a la Industria 4.0 desde todas las aristas metodológicas y de *know-how* que dicha revolución implica, sin embargo, y derivado de la investigación, si lo hará desde ciertas tecnologías clave, las cuales a corto plazo serán características de diversos sectores industriales y empresariales.

Se vuelve apremiante ingresar a la reciente nueva ola de crecimiento económico derivado de la innovación en dichas tecnologías. Para saltar los obstáculos presentes es esencial y prácticamente inalienable, el fortalecimiento de capital humano disponible a fin de poder ampliar su ámbito de actividad más rápido y con mayor éxito. Se debe buscar que la transición digital ocurra en la región no sólo desde la óptica empresarial, también desde los hombres y sobre todo mujeres interesados desde sus procesos formativos más tempranos en adquirir habilidades de tipo STEM (Science, technology, engineering, and mathematics).

El sector TI en Mérida, Yucatán tiene en frente la posibilidad real de convertirse en un polo económico de desarrollo en el sureste, mediante la aplicación de tecnologías de la Industria 4.0, ofreciendo no sólo la exportación de capital humano especializado en la modalidad de teletrabajo de la mano de tecnologías de comunicación digital. También en repensar su rol desde un sistema regional de innovación que asuma metodologías como la de quintuple hélice para orientar esfuerzos concretos en la aplicación interconectada de la tecnología en soluciones

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

diversas. Esta investigación permite vislumbrar que la revolución tecnológica 4.0 debe contener un componente social e incluso ambiental, en términos de colectivizar los beneficios de que dichas tecnologías impliquen.

En el corto plazo, será preciso discutir sobre cómo este paradigma afectará el desarrollo y cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en países Latinoamericanos, la presente investigación tiene pertinencia en 2 de ellos, donde el sector TI, puede encontrar nuevos modelos de negocio y áreas de oportunidad más allá del objeto de su responsabilidad competitiva, estos ODS son: 1) **Trabajo decente y crecimiento económico**, ante esto surgen las preguntas ¿Cuáles serán las nuevas habilidades laborales en 2030? ¿Cómo la automatización laboral reconfigura el empleo? y ¿Cómo el sector TI puede reestructurarse y vincularse para dar solución a dichas cuestiones?, 2) **Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación**. La relación del sector TI desde la Industria 4.0 es muy fuerte. La industrialización activa las fuerzas económicas dinámicas y competitivas que generan el empleo y al mismo tiempo introducen y promueven nuevas tecnologías. Lo que es natural en 2021, es ver como el software y las ciencias computacionales en general están transformando dicha industrialización.

Los resultados de la presente investigación pretenden aportar a una de las recomendaciones más relevantes derivadas del estudio, la cual está basada en el establecimiento de políticas gubernamentales, académicas, empresariales y sociales. Para que en el ámbito de su responsabilidad estas instituciones puedan aportar información clave que permita desarrollar un plan estratégico sobre ciencia, tecnología e innovación a nivel nacional, y con aspectos de desarrollo regional únicos, caracterizados de manera inicial por su contexto geográfico. Aunque, dicho proceso está estancado a la fecha del presente estudio por diversos motivos históricos en gran medida de coyuntura política e ideológica, es necesario que existan instituciones públicas y privadas que propongan no solo regulaciones al uso de tecnologías, sino interacciones y acciones bajo el diseño de marcos operativos

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

en áreas como la formación y certificación de capacidades técnicas, personales, de aprendizaje e innovación (pensamiento crítico y creatividad) necesarias para el desarrollo apropiado de nuevas tecnologías.

Una propuesta de esta investigación radica en la formación de asociaciones civiles que vigilen la correcta aplicación tecnológica basada principalmente en el uso de datos, de software y la robotización de procesos productivos; promuevan las oportunidades de desarrollo económico que la Industria 4.0 implica, proyecten sus impactos y costos tanto en el mercado laboral, de carácter ambiental y crecimiento regional. De igual forma, aporten a la generación de las empresas del futuro basadas en innovación tecnológica a través de habilidades de gestión estratégica que puedan reorientar recursos intangibles que serán visibles paradójicamente solo en el mundo digital.

Actualmente existe una ola tecnológica relativamente nueva, la industria 4.0, por ahora, muchos de los productos o servicios que esta revolución tecnológica plantea son inaccesibles económicamente para países en vías de desarrollo, principalmente en el contexto de la manufactura. Si bien las infraestructuras de las grandes revoluciones industriales se han quedado incompletas o truncadas en México, este puede ser el momento propicio para crear una sociedad del conocimiento bien articulada y apoyada en nichos tecnológicos clave, donde las capacidades productivas y científicas se relacionen. Al mismo tiempo, es preciso explorar la generación de un modelo de organización, creación y aplicación del conocimiento en procesos de innovación de la mano de las TI que engloba la I4.0. Por lo que es necesario trabajar en los medios de producción del conocimiento que permitan la relación de la ciencia con la innovación.

Será necesario dar seguimiento mediante investigación académica, al núcleo de cada una de las esferas de innovación generadas por esta corriente tecnológica, dicho núcleo está relacionado con la globalización productiva y la nueva división internacional del trabajo derivado del desarrollo y crecimiento intempestivo de las

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

tecnologías habilitadoras de la I4.0 a 2030. Se debe estudiar el diseño de mejores políticas públicas y agendas científico-tecnológicas. Asimismo, analizar la reconfiguración geopolítica en el corto plazo de los países industrializados desde la perspectiva I4.0. Esta investigación vuelve pertinente el realizar futuras investigaciones sobre innovación aplicada a procesos productivos y organizacionales.

A medida que se difunden las nuevas tecnologías y se articula un nuevo patrón industrial, el conflicto entre las normatividades de la tecnología de propietario y la constitución de comunidades en torno al conocimiento como bien público se hace más encarnizada. Desde la perspectiva de la industria 4.0 y el entorno regional del sector TI es necesario potencializar el trabajo humano para convertirlo en un proceso complejo en 3 actividades claves: 1) especialización al desarrollar software, 2) tener habilidades para conceptualizar un producto o proceso por medio del diseño creativo y su cristalización como producto comercializable, y 3) el sector TI regional debe funcionar como eje de coordinación en el proceso productivo global.

Con la incorporación de la Industria 4.0 en la década de 2021-2030 se deben evaluar los efectos de la especialización en el aprendizaje. Si un país decide aprender a producir sensores para el Internet de las cosas (IoT) o especializarse en Inteligencia Artificial (AI), es menos probable que aprenda sobre otras áreas. Este efecto se vuelve más relevante a medida que los procesos productivos siguen digitalizándose, probablemente México deberá identificar cuál es su flujo de conocimiento y preguntarse cuáles son sus capacidades de aprendizaje a partir de regiones clave. En la actualidad, los países latinoamericanos no pueden simplemente imitar patrones de desarrollo tecnológico. Desde la perspectiva del aprendizaje en el siglo XXI, se pone de manifiesto la importancia de establecer nuevas políticas y estrategias económicas e innovar en conceptos como la ventaja comparativa, competitividad, transferencia tecnológica, crecimiento y desarrollo.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ACATECH. (2019). *Key themes of Industrie 4.0. Research and development needs for successful implementation of Industrie 4.0 - acatech - National Academy of Science and Engineering*. Research Council of the Platform Industrie 4.0. <https://en.acatech.de/publication/key-themes-of-industrie-4-0/>
- Aguilar Zambrano, J. J., & Yepes, E. R. (2006). Gestión De Capacidades Dinámicas E Innovación: Una Aproximación Conceptual. *Revista De Ciências Da Administração*, 8, 280–292. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4012996>
- Almajali, D. A., Masa'deh, R., & Tarhini, A. (2016). Antecedents of ERP systems implementation success: a study on Jordanian healthcare sector. *Journal of Enterprise Information Management*, 29(4), 549–565. <https://doi.org/10.1108/JEIM-03-2015-0024>
- AMIA. (2015). *Asociación Mexicana de la Industria Automotriz*. Producción Total. <http://www.amia.com.mx/>
- AMITI. (2019). *Mejores empresas de TI para México – AMITI*. <https://amiti.org.mx/>
- Ángeles, V. L. (2018). *La industria del software quiere crecer y defender sus intereses*. <https://manufactura.mx/industria/2018/08/13/la-industria-del-software-quiere-crecer-y-defender-sus-intereses>
- Asociación de Internet MX. (2021). *Estudio sobre los Hábitos de los Usuarios de Internet en México*. Estadística Digital. [https://irp.cdn-website.com/81280eda/files/uploaded/17° Estudio sobre los Habitos de los Usuarios de Internet en México 2021 v15 Publica.pdf](https://irp.cdn-website.com/81280eda/files/uploaded/17°%20Estudio%20sobre%20los%20Habitos%20de%20los%20Usuarios%20de%20Internet%20en%20M%C3%A9xico%202021%20v15%20Publica.pdf)
- AUTYCOM. (2013). *¿Qué es y para qué sirve un PLC?* <https://www.autycom.com/para-que-sirve-un-plc/>
- Ávila Hernández, L. E., Juan, G., & Martínez, A. (2014). Factores críticos de éxito de las empresas innovadoras: una investigación documental (Critical success factors of innovative companies: documentary research). *Innovaciones de Negocios*, 11(21). <http://revistainnovaciones.uanl.mx/index.php/revin/article/view/70>
- Ayres, R. U. (1998). *Industrial metabolism: work in progress* (pp. 195–228). https://doi.org/10.1007/978-94-017-3511-7_10
- Banco Mundial. (2019). *Desarrollo digital*. <https://www.bancomundial.org/es/topic/digitaldevelopment/overview>
- Barr, A., Feigenbaum, E. A., & Cohen, P. R. (1981). *The Handbook of artificial intelligence*. HeurisTech Press.
- Basco, A., Beliz, G., Diego, C., & Garnero, P. (2018). *Industria 4.0: Fabricando el Futuro - Conexión Intal*. <https://conexionintal.iadb.org/2018/08/07/industria-4-0-fabricando-el-futuro-2/>
- Becerra, R. F., & Naranjo, V. J. C. (2008). La innovación tecnológica en el contexto de los clusters regionales**. *Cuadernos de Administración*, 21(37), 133–159. <https://www.redalyc.org/pdf/205/20503707.pdf>
- Bell, M., & Pavitt, K. (1992). Accumulating Technological Capability in Developing Countries. *The World Bank Economic Review*, 6(suppl 1), 257–281. https://doi.org/10.1093/wber/6.suppl_1.257

- Benavides, C. (1998). *Tecnología, innovación y empresa*. Ediciones Pirámide. <https://www.edicionespiramide.es/libro.php?id=3995>
- Benjamin, J., & Alzate, G. (2005). *Fundamentos de la Gestión Tecnológica y la Innovación*.
- Berry, M.M. and Taggart, J. H. (1994). Managing Technology and Innovation: a review. *R & D Management*, 24, 341–353.
- Blanco, R., Fontodrona, J., & Poveda, C. (2017). La industria 4.0: El estado de la cuestión. *Economía Industrial*, 406, 151–164. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6343649>
- Bustelo, C., & Amarilla, R. (2001). Gestión del conocimiento y gestión de la información. *Revista PH*, 226. <https://doi.org/10.33349/2001.34.1153>
- CamBioTec A.C. (2016). *Manual de Gestión Tecnológica para PyMES Mexicanas*. <http://cambiotec.org.mx/manualdegestiontecnologica/archivos/MGT.pdf>
- CANIETI. (2012). *Hay 38 clústeres mexicanos*. http://canieti.org/comunicacion/noticias/vista/12-04-09/Hay_38_clústeres_mexicanos.aspx
- CANIETI. (2019). *CANIETI SURESTE*. <https://www.canietisureste.org/nosotros.html>
- CANISOFT. (2019). *Nosotros_Canisoft*. <http://www.canisoft.org/#Nosotros>
- Cano Giner, J. (2011). Use of computers and applications by senior executives. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 4(2), 326–338. <https://doi.org/10.3926/jiem..v4n2.p326-338>
- Capretz, L. (2013). Soft Skills and Software Development: A Reflection from Software Industry. *International Journal of Information Processing and Management*, 4, 171–191.
- Carattoli, M. (2013). Capacidades dinámicas: Líneas promisorias y desafíos de investigación. *Cuadernos de Administración*, 26(47), 165–204. <https://www.redalyc.org/pdf/205/20531182008.pdf>
- Cardoso, A. (2014). *Universitarios podrán certificarse en TICs*. <http://eempreario.mx/actualidad/universitarios-podran-certificarse-TICs>
- Caro Encalada, M. J., & Leyva Morales, C. E. (2008). El cluster de la industria del software en Mérida, Yucatán. *Contaduría y Administración*, 224, 137–157. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-10422008000100007&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Casalet, M. (2018). La digitalización industrial: un camino hacia la gobernanza colaborativa. *Estudios de Casos. Documentos de Proyectos (LC/TS.2018/95)*, Santiago, Comisión Económica Para América Latina y El Caribe (CEPAL). www.cepal.org/es/suscripciones
- Chen, S., Xu, H., Liu, D., Hu, B., & Wang, H. (2014). A vision of IoT: Applications, challenges, and opportunities with China Perspective. In *IEEE Internet of Things Journal* (Vol. 1, Issue 4, pp. 349–359). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2014.2337336>
- Chesbrough, Henry W. (2003). Open innovation: the new imperative for creating and profiting from technology. In *Harvard business school press*.
- Chesbrough, Henry, William, Vanhaverbeke, W., & West, J. (2006). *Open innovation: researching a new paradigm*. ISBN 0199290725, 9780199290727
- Cienciamx. (2015). *InteQsoft, clúster que apoya el desarrollo tecnológico en Querétaro*. <http://www.cienciamx.com/index.php/ciencia/economia/2393-inteqsoft-cluster-que-apoya-el-desarrollo-tecnologico-en-queretaro>

- Cima, F. (2017). *Medición de la competitividad basado en factores endógenos de empresas de desarrollo de software*. Instituto Tecnológico de Mérida.
- CIMAA. (2020). *Propuesta para la detonación del ecosistema iQ4.0*.
- CISCO. (2021). *¿Qué es la ciberseguridad?*
https://www.cisco.com/c/es_mx/products/security/what-is-cybersecurity.html
- CMMI Institute. (2019). *CMMI Institute - CMMI V2.0*.
<https://cmmiinstitute.com/cmmi/intro>
- Colli, M., Madsen, O., Berger, U., Møller, C., Wæhrens, B. V., & Bockholt, M. (2018). Contextualizing the outcome of a maturity assessment for Industry 4.0. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 1347–1352. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.343>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL. (2010). *Innovar para crecer: desafíos y oportunidades para el desarrollo sostenible e inclusivo en Iberoamérica*. 237. <http://repositorio.cepal.org/handle/11362/21494>
- Consuelo, D., Prada, R., & Vargas, a N. a M. (2011). Gestión Tecnológica : Conceptos Y Casos De Aplicación Technology Management : Concepts and Application Cases. *Gti*, 10, 43–54.
- Contreras, A. (2017). *Así vuela el Aeroclúster de Querétaro*.
<https://www.elfinanciero.com.mx/bajio/asi-vuela-el-aerocluster-de-queretaro>
- Conway, J. M., & Huffcutt, A. I. (2003). A review and evaluation of exploratory factor analysis practices in organizational research. *Organizational Research Methods*, 6(2), 147–168. <https://doi.org/10.1177/1094428103251541>
- Cook, R. D., & Weisberg, S. (1983). Diagnostics for Heteroscedasticity in Regression. *Biometrika*, 70(1), 1–10. <https://doi.org/10.2307/2335938>
- Cyberclick. (2020). *¿Qué es el SEM o Search Engine Marketing?*
<https://www.cyberclick.es/sem>
- Dahiya, M. (2017). A Tool of Conversation: Chatbot. *INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTER SCIENCES AND ENGINEERING*, 5, 158–161.
- De Carolis, A., Macchi, M., Kulvatunyou, B., Brundage, M. P., & Terzi, S. (2017). Maturity Models and tools for enabling smart manufacturing systems: Comparison and reflections for future developments. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 517. https://doi.org/10.1007/978-3-319-72905-3_3
- Deloitte. (2015). *Industry 4.0; Challenges and Solutions for the Digital Transformation and Use of Exponential Technologies*.
<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf>
- DENUE. (2019). Directorio Nacional de Unidades Económicas. DENUE. *Censos Económicos 2018*.
- DOF. (2017). *Diario Oficial de la Federación*.
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5508808&fecha=22/12/2017
- DOF - Diario Oficial de la Federación, (2017).
https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5489161&fecha=05/07/2017
- DOF. (2019a). *DECRETO por el que se abrogan los diversos de Declaratorias de las Zonas Económicas Especiales*.
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5579365&fecha=19/11/2019
- DOF. (2019b). *Diario Oficial de la Federación*.
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5583190&fecha=31/12/2019

- Dutrénit, G. (2004). Building Technological Capabilities in Latecomer Firms: A Review Essay. *Science, Technology and Society*, 9(2), 209–241. <https://doi.org/10.1177/097172180400900202>
- Economía, S. de. (2016). *Las Zonas Económicas Especiales de México*. <https://www.gob.mx/se/articulos/las-zonas-economicas-especiales-de-mexico>
- El Diario de Yucatán. (2021). *Certificación a Ingeniería de Software del Instituto Tecnológico Superior Ksquare*. <https://www.yucatan.com.mx/merida/certificacion-a-ingenieria-de-software-del-instituto-tecnologico-superior-ksquare>
- elEconomista.es. (2021). *SEO (Search Engine Optimization): ¿qué es?* <https://www.eleconomista.es/diccionario-de-economia/seo-search-engine-optimization>
- ENAPROCE. (2018). *Encuesta Nacional sobre Productividad y Competitividad de las micro, pequeñas y medianas empresas 2018: ENAPROCE: síntesis metodológica*.
- Erol, S., Schumacher, A., & Sihn, W. (2016). *Strategic guidance towards Industry 4.0 – a three-stage process model*.
- Ervural, B., & Ervural, B. (2018). *Overview of Cyber Security in the Industry 4.0 Era* (pp. 267–284). https://doi.org/10.1007/978-3-319-57870-5_16
- Esser, K., Hillebrand, W., Messner, D., & Meyer-Stamer, J. (1996). Competitividad sistémica: Nuevo desafío para las empresas y la política. *Revista de La CEPAL*, 1996(59), 39–52. <https://doi.org/10.18356/183846f0-es>
- Figueroa, G. (2016). Gestión de la Innovación Tecnológica mediante el Análisis de la Información de patentes. *Negotium*, 11(33), 42–68. www.revistanegotium.org.ve/núm33
- Flores, L. (2018). Arranca construcción del primer Lab Industria 4.0 en Nuevo León. *El Economista*. <https://www.eleconomista.com.mx/estados/Arranca-construccion-del-primero-Lab-Industria-4.0-en-Nuevo-Leon-20180217-0005.html>
- Flores, L. (2020). *IP y Nuevo León 4.0 impulsarán programa de proveedores*. *El Economista*. <https://www.eleconomista.com.mx/estados/IP-y-Nuevo-Leon-4.0-impulsaran-programa-de-proveedores-20200816-0026.html>
- Flores Novelo, A., Ceballos López, S., & Bojórquez Carrillo, A. L. (2016). *El sector de las tecnologías de información en Yucatán: Origen, Evolución y Perspectivas*. 21° Encuentro Nacional sobre Desarrollo Regional en México.
- Fong Reynoso, C., Flores Valenzuela, K. E., & Cardoza Campos, L. M. (2017). La teoría de recursos y capacidades: un análisis bibliométrico. *Nova Scientia*, 9(19). <https://doi.org/10.21640/ns.v9i19.739>
- Fox J, Weisberg S (2019). *An R Companion to Applied Regression*, Third edition. Sage, Thousand Oaks CA. <https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/>.
- Freeman, C. (1982). *The Economics of Industrial Innovation*. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1496190
- Ganzarain, J., & Errasti, N. (2016). Three stage maturity model in SME's towards industry 4.0. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 9(5), 1119–1128. <https://doi.org/10.3926/jiem.2073>
- Gartner. (2012). *Definition of Big Data*. <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/big-data>
- Gartner. (2017). *Gartner Forecasts Worldwide Public Cloud Services Revenue to Reach \$260 Billion in 2017*. <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2017-10-12-gartner-forecasts-worldwide-public-cloud-services-revenue-to-reach-260->

- billionin-2017
- Gartner. (2021). *The Latest Cloud Computing Technology and Security*. https://www.gartner.com/en/information-technology/insights/cloud-strategy?cm_sp=swg-_-cta-_-CloudHub
- Garzón Castrillón, M. A. (2015). Modelo de capacidades dinámicas. *Dimensión Empresarial*, 13(1), 111. <https://doi.org/10.15665/rde.v13i1.341>
- Gilchrist, A. (2016). *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things* - <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4842-2047-4#reviews>
- Gobierno de Yucatán. (2018). *Plan Estatal de Desarrollo 2018-2024*. https://transparencia.yucatan.gob.mx/informes.php?id=ped&p=2018_2024
- Gobierno de Yucatán. (2019). *Llegan a Yucatán programas federales para la innovación*. https://www.yucatan.gob.mx/saladeprensa/ver_noticia.php?id=1533
- Gobierno de Yucatán. (2020). *Yucatán contará con 3 nuevos laboratorios especializados en logística industrial 4.0 e innovación, diseño y manufactura digital*. https://www.yucatan.gob.mx/saladeprensa/ver_noticia.php?id=3146
- Gobierno del Estado de Jalisco. (2021). *Presenta la Sedeco avances de su estrategia de Transformación Digital*. <https://www.jalisco.gob.mx/es/prensa/noticias/123018>
- Gobierno del Estado de Nuevo León. (2019). *Nuevo León 4.0*. <https://www.nl.gob.mx/publicaciones/nuevo-leon-40>
- Götz, M., & Jankowska, B. (2017). Clusters and Industry 4.0—do they fit together? *European Planning Studies*, 25(9), 1633–1653. <https://doi.org/10.1080/09654313.2017.1327037>
- Gracel, J., & Lebkowski, P. (2017). *The concept of Industry 4.0 related manufacturing technology maturity model (ManuTech Maturity Model, MTMM)*.
- GTAI. (2013). Smart Manufacturing for the Future. *Industrie 4.0*, 1–40. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-36917-9>
- Guel Martínez, C. J., & Araiza Vazquez, M. de J. (2017). *La industria del software en México, factores determinantes | Ciencia UANL*. Ciencia UANL. <http://cienciauanl.uanl.mx/?p=7177>
- Hamel, G. (1996). Strategy as Revolution. *Harvard Business Review*.
- HEC. (1995). *Estrategia, estructura, decisión identidad* (H. É. Comerciales (ed.)). Masson.
- Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta | RUDICS*. <http://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología De La Investigación*.
- Heuristic. (2021). *Heuristic - Automation of Knowledge Work*. <http://heuristic.center/#inicio>
- Hill, C. W. L., & Jones, G. R. (2011). *Administración estratégica: Un enfoque integral*. (Novena).
- Huh, J., Delorme, D., & Reid, L. (2006). Perceived Third-Person Effects and Consumer Attitudes on Prevetting and Banning DTC Advertising. *Journal of Consumer Affairs*, 40, 90–116. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6606.2006.00047.x>
- IBM. (2021). *El modelo de Redes Neuronales*. <https://www.ibm.com/docs/es/spss-modeler/SaaS?topic=networks-neural-model>
- INEGI. (2014). *Censos Económicos*. <https://www.inegi.org.mx/app/saic/default.aspx>
- INEGI. (2018a). *Colección de estudios sectoriales y regionales Conociendo la Industria*

- aeroespacial. www.inegi.org.mx
- INEGI. (2018b). *Registro administrativo de la industria automotriz de vehículos ligeros*. <https://www.inegi.org.mx/datosprimarios/iavl/>
- INEGI. (2019). *Estadísticas a Propósito de las Ocupaciones Relacionadas con las Tecnologías de la Información y de la Comunicación Datos Nacionales*.
- Inforetail. (2018). *Revista Inforetail n° 44* (Issue 44). <https://www.revistainforetail.com/>
- Innovan.do. (2015). *¿Qué es Customer Experience?* <https://innovan.do/2015/04/24/que-es-customer-service-definicion/>
- ITU. (2005). ITU Internet Reports. The Internet of Things. In *International Telecommunication Union*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2324902>
- Huergo, J (2003). *Los procesos de gestión*. <https://scholar.google.com.ar/citations?user=yT8JEmAAAAAJ&hl=es>
- Jacquez-Hernández, M., & López Torres, V. G. (2011). Modelos de evaluación de la madurez y preparación hacia la Industria 4.0: una revisión de literatura / Industry 4.0 models for assessing maturity and readiness: A Literature Review. *Año*, 6(20).
- jalexiscv. (2021). *Modelos De Datos - jalexiscv*. <https://sites.google.com/site/jalexiscv/modelosdedatos>
- Jiménez, A., & Martínez, M. (2006). La influencia de las TIC en la distribución comercial: Implicaciones estratégicas para la gestión promocional minorista. *CTS+I: Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*, 7, 9. <https://www.oei.es/historico/revistactsi/numero7/articulo08.htm>
- Kagermann, Wahlster, H. (2013). *Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0: Final Report of the Industrie 4.0 Working Group*.
- Kaliprasad, M. (2005). Agile project management: How to succeed in the face of changing project requirements. In *Cost Engineering (Morgantown, West Virginia)* (Vol. 47, Issue 10, p. 29). AMACOM.
- Kemp, S. (2019). *Digital 2019: Global Internet Use Accelerates* (Issue January). <https://wearesocial.com/blog/2019/01/digital-2019-global-internet-use-accelerates>
- Kermer-Meyer, A. (2017). *Industry 4.0 Maturity Assessment*.
- Kim, S. (2015). ppcor: An R Package for a Fast Calculation to Semi-partial Correlation Coefficients. *CSAM* 2015;22:665-674. <https://doi.org/10.5351/CSAM.2015.22.6.665>
- Klötzer, C., & Pflaum, A. (2017). Toward the Development of a Maturity Model for Digitalization within the Manufacturing Industry's Supply Chain. *Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences (2017)*. <https://doi.org/10.24251/hicss.2017.509>
- 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)
- Leavitt, H. J., & Whisler, T. L. (1958). *Management in the 1980's*. <https://hbr.org/1958/11/management-in-the-1980s>
- Lee, J., Kao, H. A., & Yang, S. (2014). Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data environment. *Procedia CIRP*, 16, 3–8. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.02.001>
- León, G. N. (2021). *Inauguran Centro de Innovación Industrial en Inteligencia Artificial*. <https://www.nl.gob.mx/boletines-comunicados-y-avisos/inauguran-centro-de-innovacion-industrial-en-inteligencia-artificial>
- Leyh, C., Bley, K., Schaffer, T., & Forstenhausler, S. (2016). SIMMI 4.0-a maturity model

- for classifying the enterprise-wide it and software landscape focusing on Industry 4.0. *Proceedings of the 2016 Federated Conference on Computer Science and Information Systems, FedCSIS 2016*. <https://doi.org/10.15439/2016F478>
- Leyh, C., Schäffer, T., Bley, K., & Bay, L. (2017). *The Application of the Maturity Model SIMMI 4.0 in Selected Enterprises*.
- Li Da X., Xu E., L. L. (2018). Industry 4.0: state of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 56, 2941–2962. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444806>
- Lith, Adam; Mattson, Jakob (2010). *Investigating storage solutions for large data: A comparison of well performing and scalable data storage solutions for real time extraction and batch insertion of data*. Göteborg: Department of Computer Science and Engineering, Chalmers University of Technology. p. 15.
- Loewenthal, K. M. (1996). *An introduction to psychological tests and scales*. UCL Press Limited.
- Lugones, G. E., Gutti, P., & Le Clech, N. (2007). Indicadores de capacidades tecnológicas en América Latina. In *Serie Estudios y Perspectivas* (Issue 89). http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5014/1/S0700876_es.pdf
- Macdougall, W. (2018). Industrie 4.0 Germany Market Report and Outlook. *Germany Trade & Invest*, 1–20. <https://www.gtai.de/GTAI/Navigation/EN/Invest/Service/Publications/business-information,t=industrie-40--germany-market-report-and-outlook,did=917080.html>
- MacMillan, I. C., & McGrath, R. G. (1997). Discovering new points of differentiation. *Harvard Business Review*, 75(4). <https://hbr.org/1997/07/discovering-new-points-of-differentiation>
- Manyika, B. J., Lund, S., Chui, M., Bughin, J., Woetzel, J., Batra, P., & Sanghvi, S. (2017). What the future of work will mean for Jobs , Skills , and Wages. *McKinsey Global Institute*. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/jobs-lost-jobs-gained-what-the-future-of-work-will-mean-for-jobs-skills-and-wages>
- Manyika, J., Chui Brown, M., B. J., B., Dobbs, R., Roxburgh, C., & Hung Byers, A. (2011). Big data: The next frontier for innovation, competition and productivity. *McKinsey Global Institute, June*, 156. www.mckinsey.com/mgi.
- Marmolejo, R. (2019). *Microcontrolador – qué es y para que sirve*. HETPRO (Herramientas Tecnológicas Profesionales). <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/microcontrolador/>
- Martínez, C. (2019). *Select: el sector TIC puede crecer hasta 5.1%*. <https://www.eluniversal.com.mx/cartera/select-el-sector-tic-puede-crecer-hasta-51>
- Martínez Santa María, R., Charterina Abando, J., & Araujo de la Mata, A. (2010). Un modelo causal de competitividad empresarial planteado desde la VBR: Capacidades directivas, de innovación, marketing y calidad. *Investigaciones Europeas de Direccion y Economia de La Empresa*, 16(2), 165–188. [https://doi.org/10.1016/S1135-2523\(12\)60117-8](https://doi.org/10.1016/S1135-2523(12)60117-8)
- Mell, P., & Grance, T. (2009). Cloud Computing Definition. In *Cloud Computing* (Vol. 25, Issue 12, p. 1475). <https://www.investopedia.com/terms/c/cloud-computing.asp>
- Mezzadri, D. (2011). *Descubre el significado de algoritmo*. Digital Business Strategies. <https://dmezzadri.com/que-es-un-algoritmo/descubre-el-significado-de-algoritmo/>

- Micheli, J., & Oliver, R. (2017). Empresas de software en México y sus vínculos de desarrollo local. *Problemas Del Desarrollo*, 48(190), 37–59. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-70362017000300037&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Microsoft. (2019). *¿Qué es SaaS? Software como servicio*. <https://azure.microsoft.com/es-es/overview/what-is-saas/>
- Miguélez González, D. (2017). La industria 4.0 en Alemania. *ICEX España Exportación e Inversiones*, 28. <https://www.icex.es/icex/es/navegacion-principal/todos-nuestros-servicios/informacion-de-mercados/paises/navegacion-principal/el-mercado/estudios-informes/DOC2018782189.html?idPais=DE>
- Mohamed, A. (2018). *A history of cloud computing*. ComputerWeekly.Com. <https://www.computerweekly.com/feature/A-history-of-cloud-computing>
- Morales, C. L., Encalada, M. C., Guevara, A. H., & Alejandro, A. V. (2017). *Tecnologías de información y comunicación en PYMES exportadoras. El caso de Mérida, Yucatán*. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2395-87152017000200101&script=sci_arttext
- Nava, K. (2019). *La incorporación de la Industria 4.0 en el sector de autopartes en Nuevo León, México (The incorporation of industry 4.0 in the auto parts sector in Nuevo Leon, Mexico) | Nava Aguirre | Innovaciones de Negocios*. <http://revistainnovaciones.uanl.mx/index.php/revin/article/view/304>
- Norman, D. A. (2002). Emotion & Design: Attractive things work better. *Interactions*, 36–42. <https://doi.org/10.1145/543434.543435>
- Novedades Yucatán. (2021a). *Yucatán: Inauguran segundo laboratorio de innovación en la UTM*. <https://sipse.com/novedades-yucatan/noticias-noticias-de-hoy-laboratorios-academicos-inovacion-diseno-manufactura-digital-universidad-tecnologica-metropolitana-utm-educacion-392604.html>
- Novedades Yucatán. (2021b). *Yucatán: La UPY ya cuenta con laboratorio de diseño y manufactura digital*. <https://sipse.com/novedades-yucatan/noticias-noticias-de-hoy-yucatan-upy-laboratorio-diseno-manufactura-digital-educacion-universidad-politecnica-392240.html>
- Nunnally, J.C. (1978) *Psychometric theory*. 2nd Edition, McGraw-Hill, New York.
- Nuroğlu, H. (2018). *Industry 4.0 Impact On Franchising Network Governance*. 14th International Conference on Knowledge, Economy & Management Proceedings
- NYCE. (2016). *Certificación NMX-I-059 Moprosoft - NYCE*. <https://www.nyce.org.mx/certificacion-nmx-i-059-moprosoft/>
- OCDE. (2000). *OECD Information Technology Outlook - ICTs, E-Commerce and the Information Economy* (pp. 1–249). <https://doi.org/2000>
- OCDE. (2010). *OECD Information Technology Outlook 2010*. OECD. https://doi.org/10.1787/it_outlook-2010-sum-pt
- OCDE. (2017). *OECD Digital Economy Outlook 2017*. In *OECD Digital Economy Outlook 2017*. OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264276284-en>
- ONU. (2019). *Perspectivas de la población*. <https://population.un.org/wpp/>
- Ortiz, S., & Pedroza, Á. R. (2006). Qué es la Gestión de la Innovación y la Tecnología? *Journal of Technology Management Innovation*, 1(2), 64–82. <http://www.jotmi.org>
- Pardo, D. (2019). ¿Para qué sirve una API? Solventa por fin esta duda de primerizo. *Pandorafms*. <https://blog.pandorafms.org/es/para-que-sirve-una-api/>

- Peña, N. (2019). *Gestión del conocimiento ante la implementación de la industria 4.0*. Instituto Tecnológico de Mérida.
- Peréz, C., Freeman, C. (1988). Structural crises of adjustment, business cycles and investment behavior. *Technical Change and Economic Theory*.
- Pérez, A., & Pérez, O. (2009). Competitividad y acumulación de capacidades tecnológicas en la industria manufacturera mexicana. *Investigacion Economica*, 68(268), 159–187. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0185-16672009000200005&script=sci_arttext
- Pfeiffer, S. (2015). *Effects of Industry 4.0 on vocational education and training*. http://epub.oeaw.ac.at/ita/ita-manuscript/ita_15_04.pdf
- Porter, M. (1996). What is Strategy? *Harvard Business Review*, 61–78.
- Porter, M. E. (1999). Los "clusters" y la nueva economía de competencia. *Palmas*, 20(4), 51–65. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/719>
- Porter, M.E. (1985) Competitive Advantage. Creating and Sustaining Superior Performance. Free Press, New York, 557 p.
- PricewaterhouseCoopers. (2018). *Industria 4.0: Global Digital Operations Study 2018*. <https://doi.org/004>
- PROMEXICO. (2014). *Mapa de Ruta para Internet of Things (IoT)*.
- PROMEXICO. (2018). *Mapa de ruta del sector de las tecnologías de la información del estado de Jalisco*. <http://ethic.com.mx/docs/docs-estrategicos/MR-TI-Jalisco.pdf>
- PROSOFT. (2015). *Datos Abiertos de México - Padrón de Beneficiarios de PROSOFT de SE*. <https://datos.gob.mx/busca/dataset/padron-de-beneficiarios-de-prosoft-de-se>
- PROSOFT. (2019). *Centro de Innovación Industrial*. <https://prosoft.economia.gob.mx/industria4-0.aspx>
- PTMéxico. (2017). *Iniciará operaciones Centro sobre Industria 4.0 en Querétaro*. *Plastics Technology México*. <https://www.pt-mexico.com/noticias/post/conformarn-el-nuevo-centro-regional-de-productividad-e-innovación-40-en-querétaro>
- PWC. (2016). *Global Industry 4.0 Survey: Industry 4.0: Building the digital enterprise*. <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>
- RAE. (n.d.). *Definición de nube*. 2020. Retrieved March 2, 2020, from <https://dle.rae.es/nube>
- Ramos, M. (2020). *Qué es el eCommerce: definición modelos y ventajas*. *M4RKETING ECOMMERCE MX*. <https://marketing4ecommerce.mx/que-es-el-ecommerce/>
- Reséndiz, A., Torres, S., & Placeres, S. (2020). *¿Cómo reinvertirse para ser competitivos en la Industria 4.0?* 1502–1512.
- Riquelme, R. (2019). *¿Cómo le irá a la industria TIC en México en el 2019?* | *El Economista*. 10 de Febrero. <https://www.economista.com.mx/tecnologia/Como-le-ira-a-la-industria-TIC-en-Mexico-en-el-2019-20190210-0009.html>
- Riquelme, R. (2020). *La inteligencia artificial tendrá un impacto económico de 16 billones de dólares en 2030*. <https://www.economista.com.mx/tecnologia/La-inteligencia-artificial-tendra-un-impacto-economico-de-16-billones-de-dolares-en-2030-20200107-0038.html>
- Robledo, J., López, C., Zapata, W., & David Pérez, J. (2010). Desarrollo de una Metodología de Evaluación de Capacidades de Innovación. *Perfil de Coyuntura Económica*, 15, 133–148.

- Roblek, V., Meško, M., & Krapež, A. (2016). A Complex View of Industry 4.0. *SAGE Open*, 6(2), 215824401665398. <https://doi.org/10.1177/2158244016653987>
- Rojko, A. (2017). Industry 4.0 concept: Background and overview. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 11(5). <https://doi.org/10.3991/ijim.v11i5.7072>
- Rüßmann, Michael; Markus Lorenz, Philip Gerbert, Manuela Waldner, Jan Justus, Pascal Engel, M. H. (2015). Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. *Boston Consulting*, 1–14. <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>
- SADER. (2019). *Inauguran Centro de Innovación Agroindustrial en Tepatitlán Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural*. <https://sader.jalisco.gob.mx/prensa/noticia/2776>
- SADER. (2020). *Centro de Innovación Agroindustrial*. <http://gallinaza.ciat.mx/>
- Schmidhuber, J. (2015). Deep Learning in neural networks: An overview. In *Neural Networks* (Vol. 61, pp. 85–117). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2014.09.003>
- Schmidt, H. (2014). *Der Hype um Industrie 4.0 ist vorbei: Verspielt Deutschland seine Zukunft?* <https://t3n.de/news/industrie-4-0-deutschland-585460/>
- Schröder, C. (2016). *The Challenges of Industry 4.0 for Small and Medium-sized Enterprises*. www.fes-2017plus.de
- Schroeder, W. (2015). La estrategia alemana Industria 4.0: el capitalismo renano en la era de la digitalización. *Friedrich-Ebert-Stiftung*, 1, 1–30. www.fes-madrid.org
- Schuh, G., Anderl, R., Gausemeier, J., Ten Hompel, M., & Wahlster, W. (2017). *Industrie 4.0 Maturity Index. Acatech Study*. http://www.regione.toscana.it/documents/12831649/14334147/Industria4.0_Maturity_Index_eng.pdf/10975bdb-ad6a-468f-82f8-becb04974ba3
- Schumacher, A., Erol, S., & Sihm, W. (2016). A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises. *Procedia CIRP*, 52. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.040>
- Schumpeter, J. (1911). *The Theory of Economic Development*. Cambridge, MA, Harvard University Press.
- Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN), Version Hogares, (2018). <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/metodologias/enoe/clasificadores/scian.pdf>
- Scrum.org. (2020). ¿Qué es Scrum? *Scrum.Org*, 3–5. <https://proyectosagiles.org/que-es-scrum/>
- Secretaría de Economía. (2021). *II Informe trimestral 2021 de los programas sujetos a reglas de operación y de otros subsidios*
- Secretaría de Economía. (2011). *PROSOFT 3.0*. <https://prosoft.economia.gob.mx/>
- SEGOB. (2009). *ACUERDO por el que se establece la estratificación de las micro, pequeñas y medianas empresas*. Diario Oficial de La Federación. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/50882/A539.pdf>
- Shaw R. (1999) CRM Definitions — Defining customer relationship marketing and management. In: SCN Education B.V. (eds) Customer Relationship Management. HOTT Guide. Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-322-84961-8_2
- Sibaja, T. (2018). Baja California Fortaleza Aeroespacial de México. *Suplemento Aeroespacial*.

- Smartia. (2020). *Centro de Innovación Industrial en AI*. <https://smartia.org.mx/>
- Soldatos, J. K., Gusmeroli, S., Di Milano, P., & Maló, P. (2016). *Internet of Things Applications in Future Manufacturing Self-Learning View project INTEROP- Interoperability research for networked enterprises applications and software View project*. <https://www.researchgate.net/publication/305033020>
- Solleiro Rebolledo, J. L. (2015). *Estado del arte de clusters de tecnologías de la información* (Primera). Cambio Tec.
- Sommer, L. (2015). *Industrial revolution - industry 4.0: Are German manufacturing SMEs the first victims of this revolution?*. *Journal of Industrial Engineering and Management*. <http://www.jiem.org/index.php/jiem/article/view/1470/730>
- Tao, F., Zuo, Y., Xu, L. Da, & Zhang, L. (2014). IoT-Based intelligent perception and access of manufacturing resource toward cloud manufacturing. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10(2), 1547–1557. <https://doi.org/10.1109/TII.2014.2306397>
- Teece, D. J. (2007). Explicating dynamic capabilities: The nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. *Strategic Management Journal*, 28(13), 1319–1350. <https://doi.org/10.1002/smj.640>
- Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic Capabilities and Strategic Management. In *Strategic Management Journal* (Vol. 18, Issue 7).
- The Ksquare Group. (2021). *Home & What we do?* <https://www.thesquaregroup.com/>
- Torres, O. S. (2018). *CANISOFT une a la industria del software en México e impulsa el talento nacional*. ITSitio. <https://www.itsitio.com/us/canisoft-une-a-la-industria-del-software-en-mexico-e-impulsa-el-talento-nacional/>
- Triola, M. F. (2004). *Estadística* (9a. ed., 9a. reimp.). México: PEARSON Educación.
- U-ERRE. (2019). *Smart Factory lab 4.0*. <https://www.u-erre.mx/labs/smart-factory>
- UADY. (2019). *UADY signa convenio de colaboración con la empresa KSquare Labs*. Coordinación General de Cooperación e Internacionalización. <http://www.uadyglobal.uady.mx/index.php?modulo=contenido&id=967>
- UTEQ. (2020). *Mapa de ruta del ecosistema de innovación iQ4.0*. https://www.uteq.edu.mx/test/Ecosistema_de_Innovacion_2020_esp.pdf
- Valencia, I. (2017a). *Celebra 10 años clúster de TI en Querétaro*. <http://www.cienciamx.com/index.php/sociedad/politica-cientifica/13085-celebra-10-anos-cluster-de-ti-en-queretaro>
- Valencia, I. (2017b). *Manufactura 4.0 para la industria aeroespacial*. <https://www.cienciamx.com/index.php/tecnologia/tic/18145-manufactura-4-0-industria-aeroespacial>
- Valle Vargas, M. (2019). El impacto de la IA en la economía mundial será de 30 bdd en 2030. *Expansión*. <https://expansion.mx/tecnologia/2019/07/04/el-impacto-de-la-ia-en-la-economia-mundial-sera-de-30-bdd-en-2030>
- Van Wyk, R. (2012). *A body of knowledge for management of technology (MOT-BOK)*.
- Vargas, A. (2006). Aprendizaje y Construcción de Capacidades Tecnológicas. *Journal of Technology Management & Innovation*, 1(5), 3–24. <https://www.jotmi.org/index.php/GT/article/view/365>
- Vázquez Ruiz, M. Á., & Bocanegra, C. (2018). La industria aeroespacial en México: características y retos en Sonora. *Problemas Del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 49(195). <https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2018.195.63183>
- Verweij, G., & Rao, A. (2017). Sizing the prize: What's the real value of AI for your business and how can you capitalise? *PwC*, 32.

- <https://www.pwc.es/es/publicaciones/tecnologia/sizing-the-prize.html>
- Villarreal, R., & Ramos, R. (2001). La apertura de México y la paradoja de la competitividad: hacia un modelo de competitividad sistémica. *Comercio Exterior*, 274–788. <http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/32/2/villa0901.pdf>
- Walso, R., Lewis, T., Hajj, R., & Carton, R. (2017). Industry 4.0 and cybersecurity in the age of connected production | Deloitte Insights. *Deloitte Insights*. <https://dupress.deloitte.com/dup-us-en/focus/industry-4-0/cybersecurity-managing-risk-in-age-of-connected-production.html>
- Weiser, M. (1991). The Computer for the 21 st Century. In *Scientific American* (Vol. 265, pp. 94–105). Scientific American, a division of Nature America, Inc. <https://doi.org/10.2307/24938718>
- Wolf, W. (2008). *Computers as Components: Principles or Embedded Computing System Design* (M. Kaufmann (ed.); Second Edi).
- World Economic Forum. (2016). The Global Information Technology Report 2016: Innovating in the Digital Economy. In *WEF, Insead*. <https://doi.org/10.1111/j.1432-1033.1993.tb17792.x>
- Xu, L. Da, Xu, E. L., & Li, L. (2018). Industry 4.0: State of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2941–2962. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444806>
- Yang, S., Raghavendra, M. R. A., Kaminski, J., & Pepin, H. (2018). Opportunities for industry 4.0 to support remanufacturing. *Applied Sciences (Switzerland)*, 8(7). <https://doi.org/10.3390/app8071177>
- Yin, Y., Stecke, K. E., & Li, D. (2018). The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(1–2), 848–861. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1403664>

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Algoritmo de búsqueda: es un conjunto de instrucciones que están diseñadas para localizar un elemento con ciertas propiedades dentro de una estructura de datos (Mezzadri, 2011).

Aprendizaje profundo: es un conjunto amplio de algoritmos de aprendizaje automático que intenta modelar abstracciones de alto nivel en datos usando arquitecturas computacionales que admiten transformaciones no lineales múltiples e iterativas de datos expresados en forma matricial o tensorial. Por ejemplo, en análisis de imágenes la investigación en esta área intenta definir qué representaciones son mejores y cómo crear modelos para reconocer estas representaciones (Schmidhuber, 2015).

API: (Interfaz de programación de aplicaciones), es un conjunto de subrutinas, funciones y procedimientos que ofrece cierta biblioteca para ser utilizado por otro software como una capa de abstracción (Pardo, 2019).

Bases de datos NoSQL: es una amplia clase de sistemas de gestión de bases de datos que difieren del modelo clásico, donde los datos almacenados no requieren estructuras fijas como tablas, por lo que también se les conoce como no relacionales (Lith & Mattson, 2010).

ChatBots: son aplicaciones de software que simulan mantener una conversación con una persona al proveer respuestas automáticas, las cuales son previamente establecidas por un conjunto de expertos a entradas realizadas por el usuario. También son conocidos como sistemas expertos y utilizan el razonamiento basado en casos (Dahiya, 2017).

Ciberseguridad: es la práctica de proteger sistemas, redes y programas de ataques digitales, que pudieran modificar o destruir la información confidencial de los usuarios o interrumpir la continuidad de un negocio (CISCO, 2021).

Cloud Storage: es un modelo de almacenamiento de datos basado en redes de computadoras, donde los datos están alojados en espacios de almacenamiento virtualizados, por lo general aportados por terceros (Mohamed, 2018).

Controladores Lógicos Programables: más conocido como PLC, es una computadora que se utiliza en la ingeniería de automatización para las industrias, es decir, para el control de la maquinaria de una fábrica o de situaciones mecánicas (AUTYCOM, 2013).

Customer Relationship Manager (CRM): es un software que comprende funcionalidades para gestionar las ventas y los clientes de una empresa: automatización y promoción de ventas, tecnologías de almacenamiento de datos para agregar la información transaccional e indicadores claves de negocio, seguimiento de campañas de marketing y gestión de oportunidades de negocio, capacidades predictivas y de proyección de ventas (Shaw, 1991).

Customer Service: es la asistencia que provee una compañía a aquellas personas que han comprado sus productos, contratado sus servicios, o que usan dichos productos y servicios (Innovan.do, 2015).

Diseño UI: es el resultado de definir la forma, función, utilidad, ergonomía, imagen de marca y otros aspectos que afectan a la apariencia externa de las interfaces de usuario en sistemas de computadoras de uso general, dispositivos de comunicación móviles, software de sistemas, aplicaciones de software, etc. (Norman, 2002).

eCommerce: conocido como comercio electrónico, puede ser definido como una actividad económica que permite el comercio de diferentes productos y servicios a partir de medios digitales, como páginas web, aplicaciones móviles y redes sociales (Ramos, 2020).

Machine Learning: es una forma de la Inteligencia Artificial que permite a un sistema aprender de los datos en lugar de aprender mediante la programación explícita. Conforme el algoritmo ingiere datos de entrenamiento, es posible producir modelos más precisos basados en datos (IBM, 2019).

Metodología Agile: el desarrollo ágil de software envuelve un enfoque para la toma de decisiones en los proyectos de software, que refiere a métodos de ingeniería del software basados en el desarrollo iterativo e incremental. Así el trabajo es realizado mediante la colaboración de equipos autoorganizados y multidisciplinarios, inmersos en un proceso compartido de toma de decisiones a corto plazo (Kaliprasad, 2005).

Metodología Scrum: es un marco de trabajo para desarrollo ágil de software con expansión a otras industrias. En el proceso se aplican un conjunto de buenas prácticas para trabajar colaborativamente en equipo y obtener el mejor resultado posible de proyectos, caracterizado por adoptar una estrategia de desarrollo incremental, en lugar de la planificación y ejecución completa del producto (Scrum.org, 2020).

Microcontrolador: es un circuito integrado que es el componente principal de una aplicación embebida. Tal circuito incluye un procesador y memoria que puede guardar un programa y sus variables, enfocado a controlar los elementos de entrada/salida de un sistema, con el objetivo de automatizar procesos y procesar información (Marmolejo, 2019).

Minería de datos: es un campo de la estadística y las ciencias de la computación referido al proceso que intenta descubrir patrones en grandes volúmenes de conjuntos de datos. Utiliza los métodos de la inteligencia artificial, aprendizaje automático y sistemas de bases de datos (Maimon & Rokach, 2010).

Modelado de datos: es un lenguaje orientado a hablar de una base de datos. Permite describir, el tipo de los datos que hay en la base y la forma en que se relacionan, el conjunto de condiciones que deben cumplir los datos para reflejar la realidad deseada y conocer las operaciones de manipulación de los datos (agregado, borrado, modificación y recuperación de los datos de la base) (jalexiscv, 2021).

Red neuronal: es un modelo simplificado que emula el modo en que el cerebro humano procesa la información: para ello utiliza un número elevado de unidades de procesamiento interconectadas que parecen versiones abstractas de neuronas organizadas en capas. Una red neuronal tiene: una capa de entrada, una capa de salida y unidades que realizan las conexiones entre variables o ponderaciones (IBM, 2021).

Search Engine Marketing (SEM): también denominado marketing en buscadores. Normalmente sirve para designar las campañas de anuncios en buscadores, incluso su definición podría englobar todas aquellas acciones de marketing que tienen lugar dentro de un buscador, sean o no sean de pago (Cyberclick, 2020).

Search Engine Optimization (SEO): también conocido como optimización de motores de búsqueda, son el conjunto de acciones y técnicas que se emplean para mejorar el posicionamiento (la visibilidad) en buscadores de un sitio web en Internet, dentro de los resultados orgánicos en los motores de búsqueda (elEconomista.es, 2021).

Software as a service (SaaS): es un software que permite a los usuarios conectarse a aplicaciones basadas en la nube a través de Internet y usarlas. Por ejemplo: el correo electrónico, los calendarios y herramientas ofimáticas (Microsoft, 2019).

Software ERP: Los sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP), son sistemas de información gerenciales que integran y manejan muchos de los negocios asociados con las operaciones de producción y de los aspectos de distribución de una compañía en la producción de bienes o servicios (Almajali et al., 2016)

ANEXOS

Anexo 1. Instrumento de recolección de datos para directores generales.



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MÉRIDA

Av. Tecnológico km. 4.5 S/N C.P. 97118; Mérida, Yucatán. Tel:(999) 964-5000TEST
Maestría en Planificación de Empresas y Desarrollo Regional

“Implementación de la Industria 4.0 en el sector de tecnologías de información”

Dirigido a: Directores generales, de área o departamento

Presentación

Como parte de los procesos de investigación académica al interior de la Maestría en Planificación de Empresas y Desarrollo Regional del Instituto Tecnológico de Mérida, en el estado de Yucatán, se está realizando una encuesta aplicable a las MiPymes del sector de tecnologías de información (TI), por lo cual nos resulta indispensable contar con su colaboración. El objetivo de la investigación es probar un modelo de medición del nivel de madurez digital e implementación tecnológica que tienen las MiPymes del sector TI desde la perspectiva de la Industria 4.0 (I4.0).

Responsable de la investigación: Luis Pablo Murillo Tovar

Contacto: MG19081012@merida.tecnm.mx

Cel. 9993747440

Asesora de investigación: Dra. Ana María Canto Esquivel

Contacto: ana.ce@merida.tecnm.mx

Acuerdo de confidencialidad

La presente encuesta es parte de una investigación denominada **“Implementación de la Industria 4.0 en el sector de tecnologías de información en Mérida, Yucatán”**. Los datos que proporcione serán estrictamente confidenciales y bajo ninguna circunstancia podrán utilizarse para otro fin que no sea académico.

INSTRUCCIONES: Para el correcto llenado del cuestionario, se solicita al encuestado, que responda los siguientes datos generales.

Datos del encuestado			
1. Puesto que desempeña:		2. Años laborando en la empresa:	

INSTRUCCIONES: Para el correcto llenado del cuestionario, se solicita al encuestado, que responda los siguientes datos generales. En preguntas con opción múltiple, marque con una X la opción correspondiente.

Datos de la empresa			
3. Nombre de la empresa		4. ¿Cuántos años lleva laborando la empresa?	
		5. Número de empleados	
6. Función principal de la empresa:		7. ¿La empresa cuenta con alguna de estas certificaciones?	
a) Principalmente desarrollo de software		a) NYCE-MoProSoft	
b) Principalmente consultoría en proyectos de TI		b) CMMI	
c) Ambas en igualdad de importancia		c) ISO/IEC	
		d) Ninguna	
		e) Otra _____	
8. ¿Cuál es el principalmente el ámbito de la actividad de la empresa?		1. Multinacional	
		2. Nacional	
		3. Regional	
		4. Local	

INSTRUCCIONES: Responda a las siguientes preguntas, seleccionando la casilla según corresponda.

Contexto de la empresa y conocimiento del término Industria 4.0				
No.	Preguntas	SI	NO	Especifique
9	¿La empresa está afiliada a una cámara o asociación internacional, nacional o regional del sector TI?			
10	¿La empresa se considera parte de un <i>clúster</i> en tecnologías de la información en el estado de Yucatán?			
11	¿La empresa ha obtenido apoyo de fondos y/o programas federales (PROSOFT, CONACYT, etc.)?			
11	¿La empresa ha ofrecido en licenciamiento sus desarrollos de sistemas de información o software?			
13	¿La empresa cuenta con socios o alianzas estratégicas en otros estados del país? Indique el estado			
14	¿Considera como suficientes y exitosas las estrategias gubernamentales entorno al sector TI?			
15	¿La empresa considera la expansión internacional para acceder a nuevos clientes?			
16	¿La empresa realiza <i>Benchmarking</i> para conocer el mercado y nuevas tecnologías? Indique frecuencia ((Trimestral, Semestral, Anual)			

INSTRUCCIONES: Desde la perspectiva de las tecnologías de información, escriba brevemente el concepto de Industria 4.0 que le sea más afín.

17. Escriba aquí su definición de Industria 4.0

--

Dimensiones para madurez digital e implementación tecnológica

INSTRUCCIONES: Desde el contexto de la empresa, responda lo que se solicita en cada pregunta, seleccionando la opción que corresponda en función de la siguiente escala.

(1= Nunca, 2= Casi Nunca, 3= Ocasionalmente, 4= Frecuentemente, 5= Siempre)

No.	Pregunta	1	2	3	4	5
1	Dimensión: Productos					
P1	¿La digitalización empresarial modifica sus modelos de negocio y la propuesta de valor de sus productos y/o servicios de software?					
P2	¿La empresa fomenta el desarrollo de nuevos productos de software en el ámbito de la industria manufacturera o de servicios? Ej. logística, e-Commerce, robótica, Customer service, automatización de inventarios, etc.					
P3	Con la llegada de la Industria 4.0, ¿Con qué frecuencia la empresa aplica el desarrollo de algoritmos y el Machine Learning en nuevos productos?					
P4	¿La digitalización industrial ha incrementado el desarrollo de software para hardware? Ej. sistemas de control por sensores y actuadores, controladores lógicos programables, microcontroladores, etc.					
2	Dimensión: Procesos (Operaciones)					
P1	¿Con qué frecuencia se han automatizado procesos de gestión financiera o documental al interior de la empresa?					
P2	Dentro de la empresa, ¿Se utiliza la digitalización de información para la toma de decisiones operativas?					
P3	¿Con qué frecuencia se utiliza software para la administración de proyectos?					
P4	¿Se utilizan protocolos de seguridad informática en los procesos de desarrollo software y gestión de operaciones?					
3	Dimensión: Organización					
P1	¿Se promueve el desarrollo de nuevas habilidades organizacionales para los integrantes de la empresa?					
P2	¿Con qué frecuencia los objetivos estratégicos de la empresa, son modificados de acuerdo con las condiciones externas e internas?					
P3	¿La digitalización de procesos de administración o gerenciales modifica la interacción entre áreas de trabajo?					
P4	¿Se realizan ajustes organizacionales estratégicos y/o estructurales para desarrollar proyectos relacionados con tecnologías de la Industria 4.0?					
4	Dimensión: Estrategia					
P1	¿Se diseñan estrategias de transformación digital para la empresa dentro del plan anual de trabajo?					
P2	¿Se planifican e invierten recursos para la transformación digital al interior de las áreas de la empresa?					
P3	¿Se implementan estrategias de innovación empresarial al modelo de negocio de la empresa por causa de la digitalización industrial y empresarial?					
P4	¿Dentro de la planificación estratégica de la empresa, se considera el desarrollo de proyectos de software enfocados a Inteligencia Artificial, Internet of Things, Software as a Service (SaaS) y Big Data?					
5	Dimensión: Liderazgo					
P1	¿Se promueve la visión y misión de la empresa al interior de los equipos de trabajo?					
P2	¿Se han adaptado y/o actualizado competencias de gestión directiva derivado de la ejecución de nuevos proyectos tecnológicos?					

P3	Desde la perspectiva directiva, ¿Con qué frecuencia es necesario guiar o dirigir a los miembros del grupo para el logro de objetivos organizacionales?						
P4	¿La comunicación directiva para el seguimiento de proyectos y análisis de resultados se efectúa a través de medios digitales?						
6	Dimensión: Tecnología						
P1	¿Se invierte en nuevas tecnologías para mejorar procesos de desarrollo, marketing, servicio al cliente, etc.?						
P2	¿Se utiliza infraestructura TIC actualizada y segura en áreas clave de la empresa?						
P3	¿Se utiliza y/o desarrolla software as a service (SaaS) en proyectos industriales?						
P4	¿Se han desarrollado proyectos utilizando herramientas tecnológicas basadas en software y hardware libre?						
7	Dimensión: Clientes						
P1	¿La atención y servicio al cliente se realiza por medios digitales? Ej. Web site y social media						
P2	¿Se utilizan los datos de los clientes como estrategia de negocio? Ej. Search Engine Optimization (SEO) / Search Engine Marketing (SEM)						
P3	¿Se utiliza herramientas digitales para medir la satisfacción del cliente? Ej. uso de Customer Relationship Manager (CRM)						
P4	¿Con qué frecuencia se utilizan y/o desarrollan tecnologías con enfoque de marketing? Ej. Big Data, Chat Bots, Voice Apps e AI						
8	Dimensión: Empleados						
P1	¿Con qué frecuencia los empleados aplican nuevas metodologías de desarrollo y gestión de proyectos de software?						
P2	¿Se promueven programas de formación y mecanismos de certificación de competencias profesionales relevantes para los empleados?						
P3	¿Se fomenta el desarrollo de soft-skills dentro de los equipos de trabajo? Ej. creatividad, pensamiento crítico, cooperación y comunicación asertiva						
P4	¿La transformación digital global está redefiniendo el perfil profesional que la empresa y el mercado laboral requieren?						
9	Dimensión: Cultura Digital						
P1	¿Con qué frecuencia la empresa promueve el acceso al conocimiento mediante plataformas de aprendizaje on-line?						
P2	¿Se promueve que todo integrante de la empresa cuente con correo electrónico empresarial, cloud storage, equipo de cómputo y acceso a internet?						
P3	¿Considera que la digitalización limita la comunicación verbal en la empresa, aislando a sus integrantes?						
P4	En la empresa, ¿Se utiliza la digitalización como nueva modalidad laboral (remote jobs)? Ej. ZOOM, GitHub, Microsoft Teams, Google Meet, etc.						

MUCHAS GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN

Anexo 2. Instrumento de recolección de datos para líderes de proyectos de software.



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MÉRIDA

Av. Tecnológico km. 4.5 S/N C.P. 97118; Mérida, Yucatán. Tel:(999) 964-5000TEST
Maestría en Planificación de Empresas y Desarrollo Regional

“Implementación de la Industria 4.0 en el sector de tecnologías de información”

Cuestionario: Gerentes y coordinadores de proyectos de desarrollo de software

Presentación

Como parte de los procesos de investigación académica al interior de la Maestría en Planificación de Empresas y Desarrollo Regional del Instituto Tecnológico de Mérida, en el estado de Yucatán, se está realizando una encuesta aplicable a las MiPymes del sector de tecnologías de información (TI), por lo cual nos resulta indispensable contar con su colaboración. El objetivo de la investigación es probar un modelo de medición del nivel de madurez digital e implementación tecnológica que tienen las MiPymes del sector TI desde la perspectiva de la Industria 4.0 (I4.0).

Responsable de la investigación: Luis Pablo Murillo Tovar

Contacto: MG19081012@merida.tecnm.mx

Cel. 9993747440

Asesora de investigación: Dra. Ana María Canto Esquivel

Contacto: ana.ce@merida.tecnm.mx

Acuerdo de confidencialidad

La presente encuesta es parte de una investigación denominada **“Implementación de la Industria 4.0 en el sector de tecnologías de información en Mérida, Yucatán”**. Los datos que proporcione serán estrictamente confidenciales y bajo ninguna circunstancia podrán utilizarse para otro fin que no sea académico.

INSTRUCCIONES: Para el correcto llenado del cuestionario, se solicita al encuestado, que responda los siguientes datos generales.

Datos del encuestado			
1. Nombre de la empresa:		5. Años en la empresa	
2. Puesto que desempeña:		6. Género : (M) masculino ; (F) femenino	

3. Edad:		7. ¿Está certificado en gestión de proyectos? (SI/NO)	
4. Formación académica:			

INSTRUCCIONES: Desde la perspectiva de las tecnologías de información, escriba brevemente el concepto de Industria 4.0 que le sea más afín.

8. Escriba aquí su definición de Industria 4.0

--

Capacidades tecnológicas

INSTRUCCIONES: Desde su perspectiva y basado en la siguiente escala, seleccione la opción que corresponda al grado de dominio sobre las competencias técnicas o hard skills que posee su equipo de trabajo para cada tecnología de la Industria 4.0 (I4.0).

Grado de dominio: (1= Muy bajo, 2= Bajo, 3= Normal, 4= Alto, 5= Muy alto)

No.	Capacidades Tecnológicas	1	2	3	4	5
Cloud Computing						
P1	Habilidades de programación en el ecosistema <i>cloud</i> (PHP, Python, Ruby, Java y .NET)					
P2	Conocimientos sobre gestión de base de datos en un entorno nube (diseño, virtualización y administración)					
P3	Conocimientos sobre la arquitectura de los modelos de servicio en el cómputo en la nube (SaaS, PaaS, IaaS)					
P4	Conocimientos de arquitectura cloud (redes, almacenamiento, sistemas operativos y servidores)					
P5	Conocimientos de seguridad informática en la nube (Sistemas de control de accesos, arquitectura y diseño de seguridad, seguridad de red, información y aplicaciones)					
Big Data						
P1	Conocimientos sobre software para minería de datos mediante algoritmos predictivos					
P2	Habilidades analíticas, modelado de datos y estadística					
P3	Conocimientos de bases de datos NoSQL (columnares, documentales, gráficas, keyvalue y XML)					
P4	Conocimientos sobre software de computación estadística y del lenguaje Python para el análisis, modelado y visualización de datos					
P5	Dominio del idioma inglés (técnico y de estructura gramatical compleja)					
Internet de las cosas						
P1	Conocimientos de programación de microcontroladores y procesadores (Lenguaje C++, Basic, Java, Python)					
P2	Conocimientos sobre programación de APIs para el entorno web, enfocadas a la adquisición y representación de datos digitales y analógicos en tiempo real (PHP, JavaScript, etc.)					
P3	Conocimientos sobre desarrollo de software como servicio (SaaS) para aplicaciones de IoT (Monitoreo, logística, mantenimiento, salud, etc.)					
P4	Conocimientos de seguridad informática en redes inalámbricas y protocolos de red para la comunicación M2M (Máquina a Máquina) o a través de internet					
P5	Conocimientos sobre Diseño UI (User Interface) y UX (User Experience) para el					

	desarrollo de aplicaciones móviles para IoT					
Inteligencia Artificial						
P1	Habilidades de programación matemática aplicada al desarrollo de algoritmos de búsqueda y modelos predictivos en AI					
P2	Conocimientos sobre técnicas de procesamiento de lenguaje natural y reconocimiento de patrones entre conjuntos de objetos de datos					
P3	Conocimientos sobre el lenguaje Python para aplicarlo al aprendizaje automático (Machine Learning)					
P4	Conocimiento de los términos aprendizaje automático (Machine Learning), aprendizaje profundo (Deep Learning) y redes neuronales (Neural Networks)					
P5	Conocimientos sobre algoritmos de búsqueda (Haskell), clasificación (imágenes y documentos), comunicación (Customer service ChatBots), razonamiento y deducción (Prolog,Python, Java, C++) para AI					

Capacidades de Innovación

INSTRUCCIONES: Desde su perspectiva y basado en la siguiente escala, seleccione la opción que mejor describa a su organización.

(1= Nunca, 2= Casi Nunca, 3= Ocasionalmente, 4= Frecuentemente, 5= Siempre)

No.	Capacidades Innovación	1	2	3	4	5
Innovación del producto o servicio						
P1	¿En la empresa se desarrollan estrategias de investigación y desarrollo de software para nuevos mercados?					
P2	¿Los niveles directivo y gerencial de la empresa ponen en marcha estrategias de innovación y especialización en nuevos segmentos de mercado desde el enfoque de la Industria 4.0?					
P3	¿Los desarrollos de software y/o consultorías clave son liderados por expertos en la tecnología requerida?					
P4	¿Los nuevos servicios de software de la empresa son orientados al uso de nuevas tecnologías?					
P5	¿Con qué frecuencia se han introducido al mercado nuevos productos de software con características mejoradas? Ej. componentes para e-commerce, software ERP (Enterprise Resources Planning), Software as a Service (SaaS), APIs web, etc.					
Innovación de procesos						
P1	¿Con qué frecuencia se implementa el uso de algoritmos y estructuras de datos en el desarrollo de software como producto y/o servicio?					
P2	¿Los procesos de desarrollo de software están completamente automatizados mediante el uso de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC)?					
P3	¿Se han innovado técnicas y metodologías para mejorar la productividad del equipo de desarrollo? Ej. Agile y SCRUM					
P4	¿La empresa ha innovado en sus medios digitales de acceso al cliente (web site, social media, Search Engine Optimization (SEO))?					
P5	¿Con qué frecuencia cambian los procesos de desarrollo de software con la incorporación de nuevas tecnologías en Industria 4.0?					
Innovación tecnológica						
P1	¿Con qué frecuencia se utiliza la investigación y el desarrollo tecnológico para formular y administrar la ejecución de proyectos?					
P2	¿Se utilizan nuevas tecnologías en lenguajes de programación para el desarrollo de proyectos?					
P3	¿Se invierten recursos financieros para el posicionamiento de la empresa en la Industria 4.0? (Big data, Ciberseguridad, Cloud Computing, Internet of Things, etc.)					

P4	¿En la empresa se analiza la información interna y externa sobre nuevos desarrollos tecnológicos para conocer la situación del sector?					
P5	¿En la empresa se dispone de un plan que defina su estrategia tecnológica? Ej. Transferencia y adquisición de tecnología, análisis de vigilancia tecnológica, I+D, propiedad intelectual, áreas de especialización.					
Innovación de gestión						
P1	¿Con qué frecuencia son utilizadas herramientas TIC y nuevas metodologías en las etapas de gestión de un proyecto?					
P2	¿Con qué frecuencia se fomenta el aprendizaje, la adaptación y optimización de recursos de software y hardware en el desarrollo de proyectos?					
P3	¿Con qué frecuencia la empresa analiza de manera sistemática su entorno sectorial, las demandas de sus clientes, los nuevos productos competidores y su participación en el mercado?					
P4	¿Con qué frecuencia se realizan desarrollos conjuntos con empresas aliadas y vinculaciones con universidades, centros de investigación y/o proveedores para la ejecución de proyectos?					
P5	¿Con qué frecuencia la transformación digital demanda nuevo capital humano en áreas especializadas del desarrollo de software dentro de la empresa?					

Habilidades personales requeridas por la Industria 4.0 para el desarrollo de software

INSTRUCCIONES: Basado en la siguiente escala, seleccione de acuerdo a la importancia que tienen en su equipo de trabajo las siguientes habilidades para la función de desarrollar software y/o ofrecer consultoría especializada en ingeniería de software.

(1= Nada importante, 2= Baja, 3= Media, 4= Alta, 5= Muy importante)

No.	Competencias	1	2	3	4	5
H1	Gestión del tiempo y responsabilidad en sus actividades laborales					
H2	Creatividad en la generación y gestión de ideas enfocadas al desarrollo de proyectos					
H3	Análisis y resolución de problemas complejos de software					
H4	Pensamiento crítico (Reconocer relaciones, construir y evaluar argumentos e ideas)					
H5	Comunicación asertiva: congruente, clara, directa y respetuosa con sus colaboradores					
H6	Cooperación con otros miembros del equipo para lograr un fin común					
H7	Adaptabilidad y flexibilidad ante cambios tecnológicos y de aprendizaje					

MUCHAS GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN