

# **Maestría en Economía, Gestión y Políticas de Innovación**

Estrategias de adopción de tecnologías de la industria 4.0 en  
el sector automotriz

**PRESENTA:**

García Barrientos Maribel

**ASESOR:**

Dr. Alexandre Oliveira Vera-Cruz

30 de septiembre de 2020

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia por su paciencia, por su cariño y por el apoyo incondicional que siempre me han brindado, en especial a mis padres por su amor y por siempre haber creído en mí. Los amo.

Al Dr. Alexandre Oliveira, por su calidez humana, por sus consejos, por su paciencia, su sentido del humor que hicieron muy llevadero este proceso, sus consejos que no sólo aplican para elaborar la ICR, si no en general para la vida.

A la Dra. Gabriela Dutrénit por su apoyo, sus recomendaciones, sus exigencias que han nutrido este trabajo, un eterno agradecimiento por todas las oportunidades que me ha brindado.

A mis amig@s de la MEGI en especial a Monse y a Miri que siempre estuvieron dándome apoyo en todo momento.

A la UAM y a la MEGI

A CONACYT por el apoyo económico brindado para realizar la Maestría.

A todos ustedes va dedicado desde el fondo de mi corazón.

**¡MUCHAS GRACIAS!**

## Índice

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>REVISIÓN DE LA LITERATURA Y MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>4</b>
2.1	REVOLUCIONES TECNOLÓGICAS Y LA INDUSTRIA 4.0 .....	4
2.1.1	Grandes revoluciones tecnológicas .....	5
2.1.2	La Industria 4.0 como una Revolución Tecnológica .....	7
2.2	ESTRATEGIAS TECNOLÓGICAS EMPRESARIALES .....	9
2.2.1	Definición .....	9
2.2.2	Estrategia tecnológica como parte de la estrategia empresarial .....	10
2.3	Motivaciones para definir estrategias de la Industria 4.0 .....	13
2.3.1	Estrategias tecnológicas para adoptar la industria 4.0 .....	14
2.4	CAPACIDADES TECNOLÓGICAS .....	18
2.4.1	Tipos y niveles de capacidades .....	19
2.4.2	Fuentes del cambio técnico en la industria .....	22
2.4.3	Aprendizaje como forma de adoptar tecnologías y construir capacidades tecnológicas .....	24
2.5	MARCO CONCEPTUAL .....	27
2.5.1	Principales conceptos utilizados .....	28
2.5.2	Diseño del marco conceptual.....	30
<b>3</b>	<b>EL SECTOR AUTOMOTRIZ Y LA INDUSTRIA 4.0.....</b>	<b>32</b>
3.1	Tendencias en la Introducción de la Industria 4.0 .....	34
3.2	Estrategias y motivaciones en el sector automotriz para adoptar la Industria 4.0 .....	37
<b>4</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>39</b>
4.1	Introducción .....	39
4.2	Diseño de la investigación .....	39
4.2.1	Características de la investigación .....	40
4.2.2	Estrategia de investigación: la metodología del estudio de caso .....	41
4.3	La construcción del diseño de un estudio de caso.....	41
4.3.1	Unidad de observación y unidad de análisis .....	41
4.3.2	Fuentes de información. ....	42
4.3.3	Triangulación de la información .....	45

4.3.4	Análisis de la información .....	47
4.4	Operacionalización de las variables .....	47
4.5	Análisis de contenido con Atlas Ti.....	53
<b>5</b>	<b>PRINCIPALES RESULTADOS ESPERADOS .....</b>	<b>56</b>
5.1	Algunos resultados presentados en la literatura .....	56
5.2	Los resultados esperados para esta investigación.....	65
<b>6</b>	<b>REFLEXIONES GENERALES.....</b>	<b>66</b>
	<b>Bibliografía .....</b>	<b>69</b>
	<b>Anexos.....</b>	<b>73</b>

## Resumen

La economía global transita hacia una nueva fase que se caracteriza por la digitalización y la conectividad. Tecnologías como la robótica, internet de las cosas, computación en la nube, big data, inteligencia artificial e impresión 3d, refuerzan la importancia de la industria manufacturera a partir de la fabricación de productos personalizados e inteligentes. Día a día los avances generados por la tecnología, tanto en robótica como en inteligencia artificial están dando paso a un nuevo proceso de producción, mediante la automatización de procesos productivos que son altamente rutinarios. Estos procesos avanzan rápidamente en la industria automotriz, la industria electrónica, la industria de plásticos etc. La Industria 4.0 está revolucionando la forma en que vivimos y la forma en como las empresas operan.

En este sentido, este proyecto de investigación doctoral se plantea estudiar cómo es que la industria automotriz mexicana, que es altamente dinámica, puede adoptar la Industria 4.0, qué estrategias están siguiendo las empresas para esa adopción, cuáles son las motivaciones que las mueven para querer adoptar la Industria 4.0, qué capacidades tecnológicas acumuladas tienen, y qué capacidades tecnológicas necesitan crear para poder adoptar la Industria 4.0 y las tecnologías que se asocian a ella. El objetivo es analizar las estrategias asociadas a la Industria 4.0 en el sector automotriz y las capacidades tecnológicas que se necesitan para hacer un uso eficiente de estas tecnologías

Sin duda la industria automotriz de México cuenta con el potencial para lograr adoptar la Industria 4.0 con éxito, sin embargo es importante identificar las áreas de oportunidad así como sus limitaciones.

**Palabras clave** Industria 4.0, estrategias tecnológicas, motivaciones, capacidades tecnológicas

## Lista de figuras y cuadros

Figura 1	Las cuatro revoluciones tecnológicas .....	6
Figura 2	Marco integral de incorporación de tecnologías de I4.0.....	15
Figura 3	Diseño del Marco Conceptual.....	32
Figura 4	Proveedores por niveles ,. ....	34
Figura 5	Agenda automotriz .....	37
Figura 6	Proceso de codificación .....	55
Cuadro 1	Capacidades tecnológicas .....	20
Cuadro 2	Fuentes de Información.....	44
Cuadro 3	Actividades realizadas por un gerente.....	45
Cuadro 4	Principales temas abordados en la entrevista.....	46
Cuadro 5	Prueba de validez de Información.....	48
Cuadro 6	Operacionalización de los principales conceptos .....	55
Cuadro 7	Funciones de Atlas Ti .....	56

## **1 INTRODUCCIÓN**

Día a día los avances generados por la tecnología, tanto en robótica como en inteligencia artificial están dando paso a un nuevo proceso de producción, mediante la automatización de procesos productivos que son altamente rutinarios. Estos procesos avanzan rápidamente en la industria automotriz, la industria electrónica, la industria de plásticos etc.

La literatura que aborda el tema de la Industria 4.0 y las tecnologías que se asocian a esta industria hacen hincapié en las transformaciones de la cadena de producción, principalmente en la manufactura, y como éstas han sido implementadas en las diferentes industrias que poseen actividades que son susceptibles a dicha incorporación. Las tecnologías asociadas son: robótica, inteligencia artificial, impresión 3D, big data, realidad virtual, almacenamiento en la nube. La Industria 4.0 revoluciona a la industria a través de “fábricas inteligentes” (pasar de una automatización tradicional a una totalmente conectada y flexible) que permitirán una mayor flexibilidad en las necesidades de producción, asignación eficiente de recursos e integración de procesos, desde el monitoreo del equipo hasta la entrega final. Esto se realiza mediante el uso de tecnologías como la integración de Sistemas Ciber físicos (CPS), IoT (Internet of Things) e IOS (sistemas operativos), y la interacción en tiempo real entre maquinaria, software e individuos. (SE, 2016).

La Industria 4.0 forma parte de las grandes tendencias globales de la digitalización, cuya importancia va en aumento en el conjunto de los ámbitos de la vida y de la economía. Uno de los conceptos asociados es Internet de las cosas, que se refiere a establecer una vasta red de interconexión entre todos los elementos del proceso de creación de valor. Desde las materias primas y los productos semielaborados hasta, pasando por el proceso de producción en sí mismo, las redes de clientes y los procesos logísticos y de prestación de servicios inherentes. Mediante la conversión analógica-digital de los datos, todos los actores intervinientes pueden beneficiarse, en cualquier momento y lugar, de toda la información disponible en esa cadena productiva. Sobre esta base, es posible optimizar los procesos de producción y distribución, al tiempo que se generan nuevos mercados y campos de negocio. (Schroeder, 2016)

La revolución digital en marcha aumenta la potencia y la convergencia de las capacidades de transmisión, cómputo y almacenamiento, así como la permeabilidad de las tecnologías digitales en la economía, están dando lugar a una fase transformacional basada en la Internet de las cosas y la analítica de grandes datos. Es por eso que las empresas tienen que generar estrategias y capacidades tecnológicas para poder insertarse en esta revolución y no quedar rezagadas.

Debido a la incertidumbre que se tiene por el rápido avance de estas tecnologías de la industria 4.0 en los procesos productivos y el impacto que parecen tener en el empleo, es importante analizar más a fondo cuales son las estrategias para implementar estas tecnologías y que capacidades tecnológicas son necesarias para ello y por qué es importante construirlas. En cuanto al sector automotriz, es ampliamente conocido que México es un Centro de Manufactura de clase mundial, que exporta más de mil millones de dólares por día. El 50% de estas exportaciones son productos manufacturados, de los cuales una gran parte son producidos con tecnologías altamente sofisticadas. De hecho, más del 80% de las exportaciones de alta tecnología en América Latina se producen en México. Esta situación, en las últimas décadas, ha atraído a un gran número de empresas interesadas en México como plataforma de exportación. (SE, 2016).

La industria automotriz mexicana, asociada a las Cadenas Globales de Valor (CGV), está en ese proceso de introducción de industria 4.0, por lo que es un espacio oportuno para un análisis de esta naturaleza.

Este trabajo tiene la modalidad de proyecto de investigación doctoral. El objetivo general de la investigación es: “Analizar las estrategias asociadas a la Industria 4.0 en el sector automotriz y las capacidades tecnológicas que se necesitan para hacer un uso eficiente de estas tecnologías”.

Los objetivos específicos son:

- Identificar que tecnologías asociadas a la Industria 4.0 se están adoptando en la industria automotriz en México.
- Identificar las motivaciones que llevan a la empresa a adoptar tecnologías de la Industria 4.0



- Analizar las estrategias para la adopción en la industria automotriz, de tecnologías tales como: robótica, inteligencia artificial, impresión 3D, y uso y manejo de grandes bases de datos que se asocian a la Industria 4.0
- Identificar, analizar y comparar las capacidades tecnológicas que tienen empresas que están adoptando estas tecnologías, y las que necesita tener para poder hacer un uso eficiente de estas tecnologías.

La pregunta de investigación es:

¿Cuáles son las estrategias para adoptar la industria 4.0, qué capacidades tecnológicas se requieren para hacer un uso más eficiente de las tecnologías asociadas y por qué es necesario construirlas?

Hipótesis: Las estrategias de adopción de las tecnologías asociadas a la Industria 4.0 están en función de sus capacidades tecnológicas acumuladas, debido a que el sector necesita crear nuevas capacidades tecnológicas para hacer un uso eficiente de las nuevas tecnologías de la Industria 4.0.

La forma en que está estructurado el trabajo es la siguiente: El primer apartado presento la introducción. En el capítulo dos presento la revisión de la literatura y de los principales conceptos utilizados para el análisis del trabajo (revoluciones tecnológicas, estrategias, capacidades tecnológicas, etc). En el capítulo tres se caracteriza al sector automotriz y la Industria 4.0, en el capítulo 4 se describe la metodología que utilizaré para analizar el estudio de caso de la empresa automotriz. En el capítulo cinco presento los principales resultados esperados de esta investigación, y finalmente presento una reflexión general.

## 2 REVISIÓN DE LA LITERATURA Y MARCO CONCEPTUAL

Este trabajo se basa en tres cuerpos de literatura: revoluciones tecnológicas e industria 4.0, estrategias tecnológicas y capacidades tecnológicas de las empresas.

### 2.1 REVOLUCIONES TECNOLÓGICAS Y LA INDUSTRIA 4.0

La literatura que aborda el tema de la Industria 4.0 y las tecnologías que se asocian a esta industria hace hincapié en las transformaciones de la cadena de producción principalmente en la manufactura y como éstas han sido implementadas en las diferentes industrias que poseen actividades que son susceptibles a dicha incorporación.

Los avances en robótica, inteligencia artificial y aprendizaje automático (machine learning) están abriendo el camino hacia una nueva era de automatización conforme las máquinas equiparan o superan el desempeño humano en una gran gama de actividades laborales, incluyendo las que requieren competencias cognitivas (GLOBAL, 2017). La economía global transita a una nueva fase que se caracteriza por la digitalización y la conectividad. Tecnologías como la robótica, internet de las cosas, computación en la nube, big data, inteligencia artificial e impresión 3d, refuerzan la importancia de la industria manufacturera a partir de la fabricación de productos personalizados e inteligentes. El análisis de datos y la toma de decisiones en tiempo real impactan positivamente en la eficiencia de toda la cadena de valor. Las plataformas digitales permiten ampliar mercados y compartir información con el ecosistema productivo. Surgen nuevos modelos de negocios, de colaboración entre empresas y nuevos actores. (Basco & Beliz , 2018).

La participación humana y las capacidades de las máquinas se complementan para resolver problemas, que de forma aislada no se podrían resolver. La convergencia del conocimiento y las tecnologías construyen una interrelación entre diferentes disciplinas. No es un evento fortuito, sino la consecuencia de la diversificación aunada al crecimiento de la complejidad económica, productiva y societal, cuyas demandas propician respuestas orientadas a la

integración de diferentes disciplinas para enfrentar problemas. La convergencia de múltiples campos del conocimiento constituye un proceso de modularización que da lugar a nuevas dimensiones organizativas, tecnológicas y sectoriales. La integración del conocimiento en diferentes disciplinas constituye un desafío crítico para la innovación y la gestión. La multidisciplinariedad surge como una forma relevante para la búsqueda de nuevas soluciones, sostenida en los programas implementados por los países industrializados (política industrial, de investigación y desarrollo, de formación de capacidades) y en las grandes empresas, especialmente en los fabricantes de diseño original (OEM, por sus siglas en inglés). (Casalet, 2018)

La magnitud y profundidad de estos cambios llevan a algunos autores a plantear que estamos ante una revolución tecnológica.

#### 2.1.1 Grandes revoluciones tecnológicas

De acuerdo a Pérez (2010), de la misma manera como las innovaciones individuales se conectan entre sí formando sistemas tecnológicos, estos sistemas a su vez se interconectan en revoluciones tecnológicas. De ahí que, en una primera aproximación, una revolución tecnológica (RT) puede definirse como un conjunto interrelacionado de saltos tecnológicos radicales que conforman una gran constelación de tecnologías interdependientes; un ‘clúster’ de ‘clústeres’ o un sistema de sistemas.

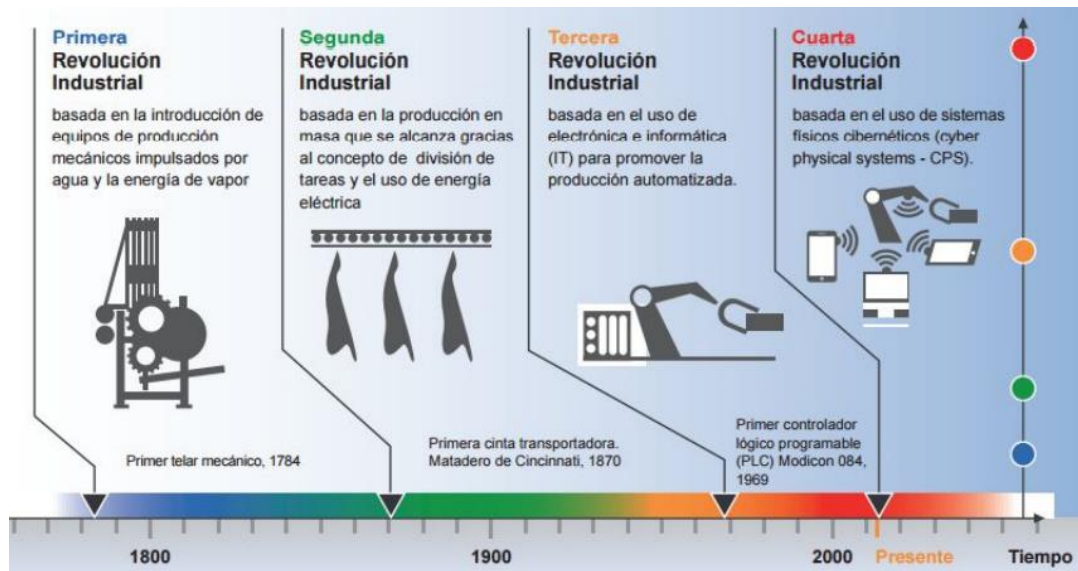
La Primera Revolución Industrial es identificada con la irrupción de la máquina a vapor, que tuvo sus primeras expresiones en Inglaterra en la segunda mitad del siglo XVIII, generando la migración de la población rural a las ciudades. La Segunda Revolución Industrial tuvo lugar cien años más tarde y fue impulsada por la generación de energía eléctrica, la producción en masa y la introducción de la línea de montaje. La Tercera Revolución Industrial, en tanto, se inicia en los años setenta del siglo pasado con la automatización de procesos industriales gracias a los avances en la electrónica y la computación. La Cuarta Revolución Industrial, que ya está entre nosotros, se asocia con la informatización y digitalización de la producción, y con la generación, integración y análisis de una gran cantidad de datos a lo largo del proceso productivo y del ciclo de vida de los productos,

facilitados fundamentalmente por Internet (Basco & Beliz , 2018). Esta cuarta revolución industrial se caracteriza por un conjunto de nuevas tecnologías capaces de articular, en tiempo real y de forma automática, una cantidad incalculable de informaciones producidas por personas y aparatos. (Breda, 2018)

La Primera Revolución Industrial utilizó energía de agua y vapor para mecanizar la producción. La segunda usó energía eléctrica para crear producción en masa. La tercera utilizó electrónica y tecnología de la información para automatizar la producción. Ahora, una cuarta Revolución Industrial se basa en la tercera, la revolución digital que ha estado ocurriendo desde mediados del siglo pasado, y la profundiza, a partir de una fusión de tecnologías que difumina las líneas entre las esferas física, digital y biológica. (Schwab, 2016)

En la figura 1 se muestran las cuatro revoluciones antes mencionadas.

**Figura 1 Las cuatro revoluciones tecnológicas**



Fuente: Medina, 2018

Las RT cambian los criterios de “sentido común” porque anuncian las nuevas posibilidades técnicas que se abren, y además porque modifican la frontera de óptima práctica para todos los sectores de la economía. Su difusión, a todo lo largo y ancho de la esfera productiva,

tiende a abarcar casi toda la economía y termina transformando los modos de producir, las maneras de vivir y la geografía económica. (Pérez, 2003)

### 2.1.2 La Industria 4.0 como una Revolución Tecnológica

La Cuarta Revolución Industrial se define como la transición hacia nuevos sistemas ciberfísicos que operan en forma de redes más complejas y que se construyen sobre la infraestructura de la revolución digital anterior. Su particularidad radica en la convivencia de una gran variedad de tecnologías convergentes, que borran los límites entre lo físico, lo digital y lo biológico, generando una fusión entre estos tres planos y ocasionando un verdadero cambio de paradigma. (Schwab, 2016)

Para Basco et al, 2018 las tecnologías que sustentan la Industria 4.0 son las siguientes:

**Robótica:** “Máquinas inteligentes que automatizan tareas que antes estaban circunscriptas únicamente al dominio humano. En el mundo de la industria, la tendencia es avanzar sobre la automatización de los procesos productivos, la navegación y el control, la integración de sensores y actuadores, la comunicación de las interfaces. Se busca incrementar la robótica colaborativa para ir hacia fábricas inteligentes donde todas las áreas de la empresa puedan trabajar en forma conectada y con alto nivel de automatización en las tareas.”

**Sistemas de integración:** “Sistemas que permiten integrar las tecnologías operacionales con las tecnologías de la información y la comunicación. Conectan máquinas con máquinas (M2M), máquinas con productos, e integran las distintas áreas de la unidad productiva, impactando sobre la gestión interna de la empresa.”

**Internet de las cosas (IoT):** “Permite una comunicación de forma multidireccional entre máquinas, personas y productos, facilitando la toma de decisiones en base a la información que la tecnología recoge de su entorno. Utiliza nuevos sensores y actuadores que, en combinación con el análisis de big data y de computación en la nube, permite máquinas autónomas y sistemas inteligentes”

**Manufactura aditiva:**” Permite fabricar piezas a partir de la superposición de capas de distintos materiales tomando como referencia un diseño previo, sin moldes, directamente desde un modelo virtual. Esta tecnología descentraliza las etapas de diseño y desarrollo de productos e introduce un mayor componente de servicios y software a la manufactura.”

**Big data y análisis de grandes datos:** “Se refiere a datos caracterizados por su volumen, velocidad y variedad de datos estructurados y no estructurados . Estos datos pueden ser reportados por máquinas y equipos, sensores, cámaras, micrófonos, teléfonos móviles, software de producción, y pueden provenir desde diversas fuentes, como em- presas, proveedores, clientes y redes sociales. El análisis de estos datos mediante algoritmos avanzados es clave para la toma de decisiones en tiempo real, permite alcanzar mejores estándares de calidad de producto y procesos, y facilita el acceso a nuevos mercados”

**Computación en la nube:** “Ofrece almacenamiento, acceso y uso de servicios informáticos en línea. Puede expresarse en tres niveles diferentes, según el servicio provisto: infraestructura como servicio, plataforma como servicio y software como servicio.”

**Simulación de entornos virtuales:** “Permite ajustar y representar virtualmente el funcionamiento conjunto de máquinas, procesos y personas en tiempo real antes de ser puestos en marcha, lo que ayuda a prevenir averías, ahorrar tiempo y evaluar el resultado final en un entorno controlado.”

**Inteligencia Artificial:** “Se basa en el desarrollo de algoritmos que permiten a las computadoras procesar datos a una velocidad inusual (tarea que antes requería de varias computadoras y personas), logrando además aprendizaje automático. Los algoritmos se nutren de datos y experiencias recientes y se van perfeccionando, habilitando a la máquina con capacidades cognitivas propias de los seres humanos como visión, lenguaje, comprensión, planificación y decisión en base a los nuevos datos.”

**Ciberseguridad:** “La evolución hacia una industria inteligente y la integración creciente de los actores de las cadenas de valor a través de internet, la computación en la nube y las plataformas digitales, obliga a desarrollar mecanismos de la ciberseguridad en los entornos industriales. En la medida en que sean más los dispositivos, máquinas y personas conectadas,

se valorará la oferta de herramientas preventivas que permitan detectar, anticipar y neutralizar amenazas sobre los sistemas de información de las empresas.”

**Realidad virtual:** “Permite complementar el entorno real con objetos digitales. Se trata de sistemas que combinan la simulación, el modelado y la virtualización permitiendo nuevas fórmulas para el diseño de productos y la organización de los procesos, otorgando flexibilidad y rapidez en la cadena productiva.”

La aplicación de estas tecnologías de la Industria 4.0 revierte la lógica del proceso de producción convencional: las máquinas de producción industrial ya no procesan el producto, si no que el producto se comunica con la maquinaria para decirle exactamente qué hacer. (Basco & Beliz, 2018)

Todavía está en discusión si la industria 4.0 es una RT, un nuevo paradigma tecnológico, o si es una extensión de la 3ra RT. Tampoco hay acuerdo sobre como llamar a la Industria 4.0 y las tecnologías asociadas: tecnologías exponenciales o tecnologías que sustentan a la Industria 4.0. Pero, más allá de esta discusión de un fenómeno nuevo, se están observado sus consecuencias en el sector industrial y de servicios de muchos países.

## 2.2 ESTRATEGIAS TECNOLÓGICAS EMPRESARIALES

### 2.2.1 Definición

Una estrategia tecnológica empresarial es un plan donde la empresa especifica sus objetivos, desarrolla planes de acción y asigna recursos para cumplir con tales objetivos. La formulación de la estrategia comienza con un análisis del entorno que enfrenta la empresa y de sus recursos y capacidades, la manera de evaluar cómo desarrollar y combinar dichos recursos y capacidades para la toma de decisiones y el logro de sus objetivos.(Tarziján, 2018)

Los enfoques convencionales de la estrategia han intentado dicotomizar la toma de decisiones estratégicas entre cuestiones relacionadas con el alcance y las relacionadas con la competencia dentro de un mercado o sector. Primero, los determinantes del alcance de la empresa: ¿por qué algunas empresas están altamente especializadas en lo que hacen, mientras

que otras abarcan una amplia gama de productos, mercados y actividades? segundo, ¿cuál es el vínculo entre alcance y rendimiento? claramente, las firmas especializadas tenderán a ser más pequeñas que las diversificadas, pero ¿qué pasa con la rentabilidad y el rendimiento de los accionistas? tercero, ¿qué podemos decir sobre la gestión de las empresas multi empresariales en términos de estructura, sistemas de gestión y liderazgo? (Grant, 2001)

Ahora bien las bases para diseñar o adaptar estrategias de mejoramiento conjuntas, de acuerdo con la responsabilidad de cada actor, se obtienen, por una parte, de examinar el medio ambiente desde un punto de vista sistémico a través de la revisión de los factores que inciden en el desempeño de las empresas de base tecnológica y, por otra parte, del análisis integral de dichas organizaciones, destacando sus fortalezas y debilidades en el nivel funcional, para responder de forma eficiente en el entorno en que actúan. (Eugenia & Castellanos, 2007)

### 2.2.2 Estrategia tecnológica como parte de la estrategia empresarial

La estrategia tecnológica se deriva de la estrategia empresarial y, dado su alcance y naturaleza, involucra las diversas áreas de la empresa (Velásquez & Medellín, 2005). La estrategia de una empresa se define por la respuesta a dos preguntas: ¿dónde compite la empresa? y ¿cómo compite? La primera pregunta se refiere al alcance de las actividades de la empresa. La segunda se refiere a cómo las empresas planean establecer una ventaja competitiva sobre sus rivales dentro de los mercados que atienden.

La estrategia tecnológica consiste en políticas, planes y procedimientos para adquirir, gestionar y explotar conocimientos, saberes y habilidades, de origen interno y externo, en beneficio de la empresa; además, se deriva de la estrategia empresarial, con la cual debe estar en consonancia, y permite responder a cuestiones tales como: (Velásquez & Medellín, 2005)

- ¿Cuáles tecnologías se deben desarrollar, licenciar o comprar para producir más limpiamente?
- ¿Cuál posición tecnológica se puede ocupar en el sector en que se compite: líder, seguidor u ocupante de algún nicho de mercado?

En consonancia con lo anterior Rosenbloom (2003), menciona:



- “¿Cuánto dinero se debe dedicar a cada uno de los proyectos tecnológicos de la empresa?”
- ¿Cómo proteger la propiedad intelectual: marcas, patentes, diseños industriales, modelos de utilidad, derechos de autor y secretos industriales?
- ¿Cómo obtener beneficios económicos de las inversiones que se llevan a cabo en tecnologías más limpias, gracias, por ejemplo, al buen uso que se haga de estas, a la producción de nuevos productos provenientes de desechos, a las mejoras que se hagan al proceso de producción para obtener ahorros, al uso de materias primas más baratas o de mejor calidad, a los ahorros generados por la disminución de residuos, al reúso de vapor y otros servicios auxiliares, a la obtención de nuevas marcas para nuevos productos ambientales y a la asistencia técnica que se pueda ofrecer a otras empresas de la región?”

Sobre la base de que las tecnologías empleadas por una empresa son un grupo importante de recursos, se puede ampliar el concepto de estrategia. Por lo tanto, una estrategia tecnológica empresarial se ocupa del uso, desarrollo o adopción de tecnologías para maximizar la ventaja competitiva del negocio. Por lo tanto, el valor de la tecnología se evalúa mejor en términos de ventaja competitiva. La tecnología rinde esto si puede mejorar la posición de costos de la empresa o la diferenciación de productos. Por lo tanto, la empresa tiene que considerar qué tecnologías desarrollar; qué riesgos tomar; si ser un líder o un seguidor. (Garbo, 1997)

Sin embargo, las empresas no toman decisiones sobre su estrategia tecnológica en el vacío: existen mecanismos de influencia del entorno. Existen mecanismos como generativos o integradores, como internos o externos a la organización. Las cuatro combinaciones conducen a los siguientes mecanismos:

- el comportamiento estratégico (entorno interno, mecanismo generador) es lo que la organización (normalmente su alta dirección) quiere hacer.
- La evolución tecnológica (entorno externo, mecanismo generador) son los cambios en la tecnología que ocurren fuera de la organización.
- El contexto organizacional (ambiente interno, mecanismo de integración) es la organización misma, su historia y estructura.

- El contexto de la industria (entorno externo, mecanismo de integración) es la industria en la que la organización compete y coopera. (Rosenbloom, 2003)

Dentro de las estrategias tecnológicas un punto clave son las alianzas tecnológicas entre dos o más empresas competidoras, a través de acuerdos de cooperación, proyectos conjuntos y consorcios de investigación para llegar a más mercados, además reforzada por la fuerte preferencia de los mercados por la conectividad de los equipamientos. (Coutinho, 2016). La competitividad del sector dependerá de incorporar las nuevas tecnologías de la industria 4.0 permitiendo que pueda competir en igualdad de condiciones en el mercado interno como externo. (ABDI, 2017)

De acuerdo a Porter (1995), la estrategia tecnológica es el enfoque de una empresa para el desarrollo y uso de la tecnología. Aunque abarca el papel de las organizaciones formales de I+D, también debe ser más amplia por el gran impacto de la tecnología en la cadena de valor. La estrategia debe tener tres grandes dimensiones:

- Qué tecnologías desarrollar; en el centro de la estrategia tecnológica está el tipo de ventaja competitiva que la empresa desea lograr.
- Buscar o no liderazgo tecnológico en esas tecnologías. La noción de liderazgo tecnológico es relativamente clara, una empresa busca ser la primera en introducir cambios tecnológicos que apoyen a su estrategia. La decisión de ser un líder tecnológico o un seguidor puede ser una manera de lograr un bajo costo o de lograr una diferenciación.
- El papel de las licencias de tecnologías. Es una forma de coalición con otras empresas, las licencias son otra forma de acceder a la tecnología. (Porter, 1985)

Es importante recalcar que es importante que la estrategia tecnológica este alineada con la estrategia empresarial, ambas tiene que ir encaminadas hacia un objetivo en particular.

### 2.3 Motivaciones para definir estrategias de la Industria 4.0

Los cambios en la economía mundial, en el desarrollo y fabricación de nuevos productos será un reto que tendrán que enfrentar las empresas en México. El diseño de estrategias tecnológicas será uno de los requisitos para mantener la competitividad.

De acuerdo a un estudio de MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE de 2017 así como del seminario realizado en la Universidad Tecnológica de Querétaro el 14 de febrero de 2020 se identificaron un conjunto de motivaciones para adoptar tecnologías de la industria 4.0.

Motivaciones para la adopción de tecnologías de la Industria 4.0 :

- *Estandarización*
- *Presión internacional*
- *Aumento de objetivos en términos de volumen de producción*
- *Cumplir con los requisitos de mayor calidad y eliminar cualquier variabilidad entre los componentes estandarizados producidos en grandes volúmenes.*
- *Aumentar el valor agregado de los productos*
- *Desarrollar una industria tecnológica*
- *Disminuir la brecha tecnológica con las empresas de clase mundial*
- *Desarrollar estrategias para la adopción especializada de tecnologías*
- *Desarrollar oportunidades en nichos de alto valor agregado de la Industrias 4.0*

Estas motivaciones seguramente difieren de acuerdo al sector, tamaño, tipo de propiedad, pertenencia o no a una cadena globales de valor, país, ente otros rasgos de las empresas, pero son un listado inicial para pensar.

### 2.3.1 Estrategias tecnológicas para adoptar la industria 4.0

Para la creación de una estrategia tecnológica para la adopción de la Industria 4.0 se tiene que evaluar la propia madurez tecnológica de la empresa y establecer objetivos claros, y asegurarse de que estén alineados con la estrategia empresarial; esto requiere de todo un proceso de planeación tecnológica donde se desarrollen las siguientes actividades: BID, CTI, 2018

- 1.- Evaluar la situación actual de la empresa
- 2.- Especificar estrategias tecnológicas
- 3.- Seleccionar cartera de tecnologías que se requieren
- 4.- Ejecutar inversiones en tecnología antes identificadas y que se requieren
- 5.- Transferir resultados
- 6.-Asegurar posiciones de largo plazo

Ya que la estrategia tecnológica consiste en políticas, planes y procedimientos para adquirir, gestionar y explotar conocimientos, saberes y habilidades, de origen interno y externo, en beneficio de la empresa, estos planes pueden generarse dentro de estos departamentos de la empresa de: ingeniería, I+D, Producción, Marketing y Recursos humanos. (Velásquez & Medellín, 2005).

Algunos elementos que se tienen que tener en cuenta para un marco integral para la adopción de las tecnologías de las industria 4.0 se muestran en la figura 2.

**Figura 2 Marco integral de adopción de tecnologías de la 4.0**



Fuente: BID, CTI, 2018

Dentro de los factores que afectan el ritmo y alcance de la adopción de las tecnologías asociadas a la industria 4.0. Global (2017) propone los siguientes:

- **Viabilidad técnica**

“La tecnología tiene que ser inventada, integrada y adaptada a soluciones que automaticen actividades específicas. La implementación en el lugar de trabajo solo puede iniciar cuando las máquinas hayan alcanzado el nivel de desempeño requerido en las competencias necesarias para realizar algunas actividades en particular”

- **Costo de desarrollar e implementar las soluciones**

“El costo de la automatización afecta el caso de negocios para su adopción. El desarrollo y diseño de las tecnologías de automatización requieren capital. Las soluciones de hardware van desde computadoras estándar hasta hardware diseñado específicamente para aplicaciones tales como los robots con brazos y otras partes móviles que requieren destreza. Las cámaras y sensores se requieren para cualquier actividad que necesite competencias de percepción sensorial, mientras que la movilidad requiere ruedas u otro tipo de hardware que habilite a las máquinas para moverse. Dichos atributos aumentan los costos relativos a una plataforma de hardware de uso general. Hasta las soluciones

“virtuales” que están basadas en software requieren inversiones reales en diseño para crearlas. Para su implementación el hardware requiere un considerable gasto de capital y por lo tanto la automatización que lo requiere tiene altos costos iniciales comparados vs. los salarios. Las soluciones de software, en contraste, tienden hacia un costo marginal mínimo el cual las hace menos caras que los salarios y por tanto suelen ser adoptadas rápidamente. Con el paso del tiempo tanto los costos del hardware como del software disminuirán por lo que se volverán competitivos vs. la mano de obra humana para un creciente número de actividades”

- **Dinámicas del mercado**

“La calidad (por ejemplo, las habilidades), la cantidad, así como la oferta, la demanda y los costos alternativos de la mano de obra humana afectan qué actividades serán automatizadas. . Las dinámicas del mercado laboral también difieren por ubicación geográfica, no solo en términos de cómo diversos aspectos demográficos y su evolución afectan la base de suministro de mano de obra sino también los diferentes salarios. Más aun, los efectos de la automatización pueden interactuar con las habilidades y suministro del mercado laboral”

- **Beneficios económicos**

“Además de los ahorros en costos de mano de obra, el caso de negocios para la automatización puede incluir mejoras al desempeño tales como mayores ganancias, mayor producción y productividad, mayor seguridad y mayor calidad, lo cual a veces supera los beneficios de sustituir la mano de obra. Las tecnologías de la automatización pueden brindar considerables beneficios al desempeño para las compañías más allá de la sustitución de mano de obra”). Por ejemplo: los beneficios de una mayor producción y de menores costos de mantenimiento general por automatizar el cuarto de control de una instalación de petróleo y gas eclipsan aquellos asociados con menores costos de mano de obra en el cuarto de control. La conducción automatizada de automóviles y camiones puede no solo reducir los costos de mano de obra asociados a los choferes sino también mejorar la seguridad (la gran mayoría de los accidentes son el resultado de errores de los choferes) y la eficiencia de combustible”.

- **reglamentación y aceptación social**

“Aun cuando la implementación de la automatización haga sentido, la tasa de adopción puede ser afectada por factores de contexto tales como la aprobación normativa y la reacción de los usuarios. Existen múltiples razones por las que la adopción de la tecnología no sucede de la noche a la mañana. La inversión de capital en estas nuevas tecnologías lleva tiempo (en su conjunto), lo mismo que cambiar los procesos y prácticas organizacionales para adaptar las nuevas tecnologías. Modificar la configuración de las cadenas de suministro y los ecosistemas puede ser laborioso y a veces requerir que la regulación cambie. La política gubernamental puede frenar velocidad de adopción, diferentes empresas adoptan tecnologías a diferente velocidad. Cambiar las actividades que realizan los trabajadores también requiere de esfuerzo aún si no existe una resistencia activa. Específicamente en el caso de la automatización, los individuos se pueden sentir incómodos en un nuevo mundo donde las máquinas reemplazan la interacción humana hasta en situaciones de la vida personal, como en un hospital, o en lugares donde se espera que las máquinas tomen decisiones de vida o muerte, como al conducir un vehículo”. (GLOBAL, 2017)

McKinsey( 2017) ha identificado un conjunto de obstáculos para la adopción:

- *Bajo conocimiento para operar tecnologías*
- *Costos*
- *Incertidumbre*
- *Inversión adicional*

La importancia de estos y otros obstáculos también depende del sector, tamaño, tipo de propiedad, pertenencia o no a una cadena globales de valor, país, ente otros rasgos de las empresas.

Hay aún poca evidencia sobre las estrategias tecnológicas, motivaciones y obstáculos para la adopción de las tecnologías de la industria 4.0.

El éxito de una estrategia estará determinado por la capacidad para articular una estrategia que potencie la producción en el marco de la Industria 4.0, fomentando la creación de tecnología para alcanzar una mejor integración en el sector. En la transición “a ciegas” hacia

la fábrica inteligente (pasar de una automatización tradicional a una totalmente conectada y flexible), las empresas gestionan sus actividades con altos niveles de incertidumbre; faltan capacidades para analizar los datos y para tomar decisiones en un contexto competitivo y cambiante. El ciclo de vida de los productos se acorta considerablemente; algunos bienes caen en la obsolescencia mientras se configuran nuevos mercados de bienes y servicios “donde antes no había nada”. La digitalización de la economía cambia las reglas de juego: las empresas tienen cada vez más información sobre sus clientes, pero al mismo tiempo, permite el ingreso repentino de nuevos competidores al mercado. Por lo tanto, se ven desafiadas a enfrentar una competencia creciente y escalable, y a tomar decisiones sobre una enorme cantidad de datos que muchas veces no tienen capacidad de interpretar. ( Benavente & Suaznábar, 2018)

## 2.4 CAPACIDADES TECNOLÓGICAS

Para Kim (1997), las capacidades tecnológicas son definidas como la habilidad para hacer un uso efectivo del conocimiento tecnológico para asimilar, usar, adaptar, y cambiar las tecnologías existentes.

En este sentido la tecnología consiste en complejos paquetes de conocimiento tanto tácito como codificado, que incluye capital físico. Dado que el conocimiento tácito no es fácilmente transferible entre empresas y países, los planes tecnológicos no contienen características de rendimiento inherentes (como niveles de productividad establecidos). En su lugar, estos planes deben traducirse en especificaciones y procedimientos específicos para aplicaciones particulares, un proceso creativo incierto que puede dar lugar a niveles de rendimiento muy variables. Además, incluso cuando tales paquetes han sido creados y moldeados en las configuraciones requeridas para aplicaciones a empresas específicas, deben ser continuamente remodelados para que las empresas puedan seguir siendo competitivas en un mundo en el que los puntos de referencia de la eficiencia competitiva están en constante aumento. Por lo tanto, las capacidades tecnológicas deben incluir capacidades para generar y gestionar dicho cambio. (Lall, 1993)



Hacia la década de los setenta existía una idea difundida de que los países en vías de desarrollo sólo eran receptores pasivos de la tecnología de países desarrollados, algunos estudios desafiaron esta idea con una serie de estudios empíricos sobre los procesos de aprendizaje y adquisición de capacidades tecnológicas a nivel de firma, demostrando que el conocimiento tecnológico no es fácil de imitar ni de transferir entre firmas. (Vera-Cruz, 2003)

#### 2.4.1 Tipos y niveles de capacidades

Existen dos tipos de recursos: la capacidad de producción y la capacidad tecnológica. La primera incorpora los recursos utilizados para producir bienes industriales con determinados niveles de eficiencia y determinadas combinaciones de insumos: equipos que incorporan tecnología, conocimientos y experiencia operacionales y de gestión, especificaciones de productos e insumos, y métodos y sistemas de organización. Las capacidades tecnológicas generan y gestionan el cambio técnico incluyen aptitudes, conocimientos y experiencia que a menudo (aunque no siempre) difieren sustancialmente de las necesarias para operar los sistemas técnicos existentes, así como los tipos particulares de estructuras y vínculos institucionales necesarios para producir insumos para el cambio técnico. (Bell, 1984)

A partir de la evidencia empírica de muchos estudios de caso, se han hecho esfuerzos por medir las capacidades tecnológicas y analizar su trayectoria evolutiva tanto para conocer el estado actual como para conocer las que se necesitan crear.

La taxonomía de Bell y Pavitt clasifica las principales capacidades tecnológicas a partir de cuatro funciones técnicas: dos básicas y dos de apoyo. Las primeras son: i) actividades de inversión y ii) actividades de producción. Las dos funciones de apoyo son i) el desarrollo de vínculos con empresas e instituciones y iii) la producción de bienes de capital. Los niveles de capacidades tecnológicas se definen por el grado de dificultad de las actividades. Estas van desde los niveles más básicos de las capacidades de producción rutinaria, hasta tres niveles (básico, intermedio y avanzado) de profundidad de las capacidades de innovación. Esta información se presenta en las filas (Torres, 2006). En el cuadro 1 se muestra la matriz de capacidades tecnológicas descrita en este apartado.

Cuadro 1 Capacidades tecnológicas

	Función técnica de inversión		Función técnica de producción	
	Preparación y ejecución del proyecto	Centradas en procesos y en la organización de la producción	Centradas en el producto	
<p>Rango de capacidades operativas básicas</p> <p>Capacidades innovadoras básicas</p>	<p>Toma de decisiones y control</p> <p>• Estimación de desembolsos</p>	<p>• Planeación del protocolo</p> <p>• Preparación del protocolo</p> <p>• Acondicionamiento del terreno</p> <p>• Construcción de la obra civil básica</p>	<p>• Réplica específica del proceso de proceso rutinario o de mayor complejidad</p> <p>• Mejoras en estaciones de trabajo basadas en sistemas de supervisión o control de calidad</p> <p>• Ingeniería básica de procesos</p> <p>• Adaptaciones menores al proceso de ensamble basados en estudios de tiempos y movimientos</p> <p>• Metodología de Shaining y Taguchi</p> <p>• Aplicación de Poka-yokes en estaciones críticas</p> <p>• Formación de grupos de Trabajo</p> <p>• Mejora del espacio y de la distribución</p> <p>• Programación de productos</p> <p>• Movimiento productivo total</p> <p>• Escalamiento del proceso de ensamble o manufactura de piezas de diferentes tamaños</p> <p>• Rediseño o diseño de partes del proceso de ensamble o manufactura</p>	<p>• Réplica de especificaciones del producto</p> <p>• Control de calidad rutinario basado en procesos de control de calidad</p>
<p>Capacidades innovadoras intermedias</p>	<p>• Monitoreo activo y control de estudios de factibilidad, selección de tecnología y proveedores y programación de actividades</p>	<p>• Estudios de factibilidad</p> <p>• Búsqueda de equipo estándar</p> <p>• Ingeniería básica</p>	<p>• Diseño incremental del producto</p>	
<p>Capacidades innovadoras avanzadas</p>	<p>• Búsqueda, evaluación y selección de tecnología y de proveedores</p> <p>• Negociación con proveedores</p> <p>• Administración del proyecto completo</p>	<p>• Ingeniería de detalle</p> <p>• Adquisición de equipo</p> <p>• Estudios de medio ambiente</p> <p>• Administración y seguimiento del proyecto</p> <p>• Designación del grupo de trabajo</p> <p>• Capacitación y reclutamiento</p> <p>• Puesta en marcha</p>	<p>• Validación de procesos de acuerdo con el producto</p> <p>• Estratamiento de la capacidad de producción basado en el balanceo de línea</p> <p>• Manufactura compacta, sistemas de calidad y mejora continua</p>	<p>• Diseño de características básicas de nuevos productos</p> <p>• Innovación de productos y actividades de investigación y desarrollo relacionadas</p>
	<p>• Desarrollo de nuevos sistemas de producción y componentes</p>	<p>• Diseño de procesos y desarrollo de la investigación y desarrollo relacionada</p>	<p>• Innovación en procesos y actividades de investigación y desarrollo relacionadas</p>	<p>• Diseño de características básicas de nuevos productos</p> <p>• Innovación de productos y actividades de investigación y desarrollo relacionadas</p>

Fuente: Dutrénit &amp;Oliveira, 2005

## Continuación del cuadro anterior

<b>Función técnica de soporte</b>		
Vinculación externa	Vinculación interna	Modificación de equipo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relación con proveedores, clientes e instituciones por medio de la casa matriz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relación con la matriz para recibir autorizaciones sobre insumos, especificaciones técnicas de productos y procesos, y proyectos de inversión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento rutinario de componentes y equipo</li> <li>• Réplica simple de especificaciones de planta y partes simples de maquinaria</li> <li>• Mantenimiento básico sin programación</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relación con clientes mediante las especificaciones del producto</li> <li>• Búsqueda y negociación con proveedores de material indirecto</li> <li>• Búsqueda de vínculos con instituciones locales para entrenamiento de personal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecimiento de grupos de trabajo para vinculación con plantas, centros de diseño, divisiones y la casa matriz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Copia y adaptaciones menores de especificaciones de equipo de prueba</li> <li>• Reconstrucción de equipos pequeños sin asistencia técnica</li> <li>• Mantenimiento básico programado</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transferencia de tecnología hacia proveedores locales para incrementar eficiencia, calidad y abastecimiento local</li> <li>• Atracción de proveedores de material directo a la región</li> <li>• Proyectos conjuntos con universidades para la formación profesional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Delegación, por parte de la matriz, para la toma de algunas decisiones sobre diseños, clientes, proveedores e instituciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptaciones a grandes equipos</li> <li>• Ingreso en reversa</li> <li>• Ingreso y construcción de equipo de prueba</li> <li>• Mantenimiento preventivo</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vinculación con universidades y centros de investigación y desarrollo para desarrollos tecnológicos</li> <li>• Colaboración en desarrollos tecnológicos con proveedores, clientes y socios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autonomía en la toma de decisiones con respecto a productos, abastecimiento de material directo e indirecto y nuevos productos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño y construcción de equipo y componentes</li> <li>• Investigación y desarrollo para nuevos componentes</li> </ul>

Fuente: Dutrénit &Oliveira, 2005

Dentro de las capacidades tecnológicas podemos englobar, la infraestructura que se refiere al establecimiento de una estructura para compartir el conocimiento, la cual debe considerar aspectos materiales, capital humano – personal para apoyar el uso del sistema y la aplicación de los procesos de administración del conocimiento. (Dutrénit, 2003).

Identificar el tipo y los nivel de capacidad tecnológica de la empresa, permitirá, conocer el nivel de madurez tecnológica que tiene la empresa, y así poder determinar que capacidades acumuladas tiene y cuales necesita crear.

#### 2.4.2 Fuentes del cambio técnico en la industria

En las empresas dominadas por los proveedores (principalmente en los sectores agrícola y textil), el cambio técnico proviene casi exclusivamente de los proveedores de maquinaria y otros insumos de producción. Las opciones técnicas reflejan los costos relativos de los factores, y la acumulación tecnológica se centra en mejorar y modificar los métodos de producción y los insumos asociados, y ocasionalmente en el diseño del producto. Las transferencias internacionales de tecnología son relativamente fáciles, ya que la tecnología se incorpora principalmente en bienes de capital y otros insumos; en el sector agrícola, los esfuerzos de extensión pueden ayudar a difundir nuevos conocimientos y prácticas. Como tal, la elección de la tecnología en las empresas dominadas por los proveedores tiene cierta semejanza con las posibilidades de sustitución reflejadas en la función de producción convencional.

Se representa un estilo diferente de aprendizaje tecnológico y una ubicación organizacional diferente para las actividades de aprendizaje especializado: (Bell & Pavitt, 1995)

- Operaciones de producción (control de calidad, planificación de la producción) en empresas dominadas por los proveedores;
- Mejoras de procesos y productos (ingeniería de producción, diseño) en empresas de gran escala;
- Explotación de la investigación básica para el desarrollo de productos y procesos asociados (I+D) en empresas de base científica;
- Desarrollo de equipos y componentes (diseño) en empresas proveedoras especializadas. Con el tiempo, los procesos de aprendizaje dentro de los sectores se han convertido en la base de la producción local en otros sectores
- Proveedores especializados de equipos de producción, que se basan en la tecnología acumulada en sectores de escala intensiva (tales como los bienes de consumo duraderos, los automóviles y las industrias de procesos);
- Industrias basadas en la ciencia que han adoptado la tecnología utilizada en otras industrias: la electrónica, por ejemplo, que se basó en sectores de proveedores especializados, y los productos químicos basados en la ciencia, que evolucionaron a partir de industrias de procesos menos complejas.

-

Estas trayectorias de aprendizaje y progreso tecnológico no están predestinadas. No obstante, tres mecanismos parecen haber sido particularmente influyentes en el pasado y sin duda seguirán influyendo en las estrategias de acumulación tecnológica y desarrollo industrial: las dotaciones de factores; las orientaciones de la inversión persistente, especialmente las que tienen fuertes vínculos intersectoriales; y el dominio acumulativo de las tecnologías básicas y sus bases de conocimientos subyacentes. (Bell & Pavitt, 1995)

Para otros autores como Arrow y Solow la fuente de cambio técnico está completamente incorporado en los bienes de capital nuevos, estos bienes de capital incorporan todo el conocimiento acumulado en cualquier momento  $t$  que se considere, una vez que son construidos su eficiencia productiva no puede ser modificada por procesos de aprendizaje subsecuente.

Algunas consideraciones que toman en cuenta son los siguientes:

- Los nuevos bienes de capital son mejores que los viejos
- El mejoramiento en la calidad de la fuerza de trabajo en el tiempo como fuente de incremento en la productividad
- Solo existe una combinación eficiente  $k/l$  para cualquier nueva inversión en cualquier momento  $t$ , diferentes combinaciones no están disponibles para el empresario después de haber hecha la inversión, esta se congela en el bien de capital
- En este modelo el aprendizaje toma parte solo en la industria de bienes de capital, no hay aprendizaje en el uso del equipo una vez construido
- El aprendizaje ocurre como un subproducto de la producción ordinaria (no se contempla en impacto de las instituciones, gobierno. (Arrow 1962)

Para Hollander es el Cambio en la técnica de producción de determinados productos, en plantas específicas, con la finalidad de reducir los costos de producción unitarios. Se aplica, únicamente, a los cambios que se generan por una decisión, deliberada, reducir costos. Dicha decisión no necesita, de manera forzosa, ser tomada por la alta dirección. (Hollander, 1968)

Pueden ser de naturaleza:

- Tecnológica.
- Introducción de insumos diferentes y mejorados.
- Gerenciales.

Las nuevas tecnologías pueden surgir de:

- Los trabajadores de la planta al intentar solucionar un problema.
- Adquisición a otras empresas.
- Adquisición a otros sectores o industrias.
- Los clientes.
- Centros de investigación a nivel gubernamental, instituciones y universitarios.
- Los proveedores de equipos y materias primas pueden ampliar el conjunto de conocimientos nuevos para un sector. (Hollander, 1968)

Si bien para estos autores hay algunas diferencias en cuanto a la fuente de cambio técnico, ellos coinciden en el rol del aprendizaje, en la dotación de factores, así como de un conocimiento acumulado y No depende solo de la ocurrencia de una actividad inventiva reciente, puede tratarse de una invención pasada también.

#### 2.4.3 Aprendizaje como forma de adoptar tecnologías y construir capacidades tecnológicas

La discusión del rol del “aprendizaje en los procesos del desarrollo tecnológico se hace difícil por el hecho de que el término se utiliza para referirse a una gama de conceptos muy diferentes. El término aprendizaje parece haberse utilizado para referirse a dos tipos de procesos muy diferentes en los que se adquiere la capacidad tecnológica: (Bell, 1984)

- (1) Se usa para referirse a un proceso de adquisición de habilidades y conocimiento que depende en gran parte o enteramente de la experiencia: learning-by-doing, donde la ejecución de las tareas de producción genera un flujo de información y comprensión que permite mejorar la ejecución en un período posterior. Este flujo de ' aprendizaje' es por lo tanto visto como un proceso de retroalimentación que opera dentro de la actividad de producción. Esta definición será la utilizada en la investigación.

- (2) Se usa para referirse de forma mucho más en general a la adquisición de mayor habilidad y conocimiento por cualquier medio. Esto parece abarcar varios tipos de aprendizaje que no necesariamente descansan en la acumulación de experiencia. Por lo tanto, el "aprendizaje" ha llegado a referirse a cualquier forma en que una empresa aumente su capacidad para gestionar la tecnología y para implementar el cambio técnico.

El aprendizaje, se relaciona con las empresas y abarca tanto los procesos como los resultados. Puede describirse como las formas en que las empresas construyen, complementan y organizan el conocimiento y las rutinas en torno a sus actividades y dentro de sus culturas, y adaptan y desarrollan la eficiencia organizativa al mejorar el uso de las amplias habilidades de sus empleados.

Las empresas que construyen estructuras y estrategias para mejorar y maximizar el aprendizaje organizativo han sido designadas como "organizaciones de aprendizaje". Estas características argumentan que:

- tienen un clima en el que se alienta a los miembros individuales a aprender y desarrollar todo su potencial. - extiende esta cultura de aprendizaje para incluir a clientes, proveedores y otras partes interesadas importantes.
- hace que la estrategia de desarrollo de recursos humanos sea central para la política empresarial.
- Sufre continuamente un proceso de transformación organizacional. (Dodgson, 1993)

Se pueden identificar seis tipos principales de procesos de aprendizaje por parte de las empresas, cada uno de los cuales está vinculado a diferentes fuentes y tipos de conocimiento: (fuente?)

- Aprender haciendo, interno a la empresa y relacionado con la actividad de producción;
- Aprendizaje mediante el uso, interno de la empresa y relacionado con el uso de productos, maquinaria e insumos;
- Aprender de los avances. en ciencia y tecnología, externa a la empresa y relacionado con la absorción de nuevos desarrollos en ciencia y tecnología:

- Aprender de los efectos indirectos entre industrias, externos a la empresa y relacionados con qué están haciendo los competidores y otras empresas de la industria.
- Aprendizaje al interactuar, externo a la empresa y relacionado con la interacción con fuentes de conocimiento aguas arriba o aguas abajo como proveedores o usuarios o para la cooperación con otras empresas de la industria.
- Aprendizaje por búsqueda, interno a la empresa y relacionado (principalmente) con actividades formalizadas (como I + D) destinadas a generar nuevos conocimientos.

Por supuesto, varios tipos de procesos de aprendizaje pueden estar estrechamente relacionados entre sí. (Malerba, 1992)

Finalmente las Capacidades tecnológicas nos ayudarán a identificar las diferentes actividades técnicas de la empresa, e identificar el nivel de capacidades con las que acumuladas, tengamos en cuenta que estas capacidades son creadas a partir de un proceso de aprendizaje tecnológico.

Para finalizar, en un mundo de competencia cada vez más global, la mayoría de los países industrializados seleccionan sus industrias estratégicas y los apoyan para lograr el liderazgo tecnológico en el mercado internacional y para desarrollar capacidades tecnológicas en las industrias seleccionadas, a través de proyectos a gran escala que involucran esfuerzos de colaboración de los sectores público y privado. Los países en desarrollo también deben concentrar sus escasos recursos en industrias y tecnologías adecuadamente seleccionadas para lograr una ventaja competitiva nacional y sobrevivir en la competencia global. Sin embargo, la mayoría de los países en desarrollo enfrentan dificultades para desarrollar capacidades tecnológicas debido a la feroz competencia mundial y la infraestructura débil, así como a la falta de recursos. Teniendo en cuenta el entorno pendiente de los países en desarrollo, necesitan enfoques estratégicos diferentes de los de los países avanzados para iniciar y apoyar proyectos a gran escala como medios estratégicos. (Jeonghoon et al., 1994)

La adopción de las tecnologías de la industria 4.0 necesita de la creación de estrategias tecnológicas que permitan el uso eficiente de las tecnologías y de mecanismos apropiados para aumentar la capacidad tecnológica. Pero la creación de nuevas capacidades tecnológicas



que permitan complementar las capacidades ya existentes o acumuladas, necesitan de algunos factores favorables por ejemplo:

- Disponer de recursos humanos especializados en tecnologías
- adquisición de nuevas tecnologías
- Presupuesto de I+D

La industria 4.0 ofrece una gran cantidad de tecnologías que permiten cada vez más agilizar procesos mediante dispositivos conectados, pero esto representa un reto para las empresas ya que tiene que implementar estrategias tecnológicas que les permita introducir estas tecnologías, en los procesos así como en su organización, para que las empresas puedan seguir siendo competitivas en un mundo en el que los puntos de referencia de la eficiencia competitiva están en constante aumento. Por lo tanto, las capacidades tecnológicas deben incluir capacidades para generar y gestionar dicho cambio. (Lall, 1993)

Un aspecto sumamente importante que hay que enfatizar en las capacidades tecnológicas es el papel que juega el aprendizaje en la creación de nuevas capacidades tecnológicas dado que esto no es proceso automático, entonces el aprendizaje se toma como la adquisición de nuevas habilidades y conocimientos adquiridos por cualquier medio. Esto parece abarcar varios tipos de aprendizaje que no necesariamente descansan en la acumulación de experiencia. Por lo tanto, el aprendizaje ha llegado a referirse a cualquier forma en que una empresa aumente su capacidad para gestionar la tecnología y para implementar el cambio técnico.

## 2.5 MARCO CONCEPTUAL

El objetivo de este apartado es presentar el marco en el cual se describen los conceptos principales de este trabajo y discutir brevemente como es que se relacionan. Como se mencionó anteriormente los cuerpos de literatura utilizados son: industria 4.0 y RT, estrategias tecnológicas y capacidades tecnológicas. Estos cuerpos de literatura proporcionan elementos para comprender la naturaleza del fenómeno que se está estudiando, el contexto y las motivaciones que llevan a las empresas a implementar estrategias asociadas a las tecnologías de la Industria 4.0 y así como a la creación de nuevas capacidades tecnológicas.

Esta sección se divide en dos partes: en la primera se definen los principales conceptos utilizados en esta investigación y se discute brevemente como están relacionados con la pregunta y objetivos de la investigación, y en la segunda se propone el diseño conceptual para abordar la pregunta y objetivos de investigación.

### 2.5.1 Principales conceptos utilizados

Los principales conceptos utilizados son: **Industria 4.0**, **Estrategias tecnológicas**, **Motivaciones para adoptar nuevas tecnologías** y **Capacidades tecnológicas**. El concepto de aprendizaje y capacidades acumuladas son elementos que se incorporaron como *conceptos puente* entre estrategias tecnológicas y creación de nuevas capacidades, centrándose en la idea que el aprendizaje juega un papel importante dentro de la creación de capacidades, así como de las capacidades acumuladas, dado que estos no son procesos automáticos.

#### **Industria 4.0**

Se define como la transición hacia nuevos sistemas ciber físicos que operan en forma de redes más complejas y que se construyen sobre la infraestructura de la revolución digital anterior. Su particularidad radica en la convivencia de una gran variedad de tecnologías convergentes, que borran los límites entre lo físico, lo digital y lo biológico, generando una fusión entre estos tres planos y ocasionando un verdadero cambio de paradigma. (Schwab, 2016)

Las transformaciones tecnológicas que han ocurrido en estas últimas décadas gracias a los grandes avances en la informática, han dado pie a transformaciones caracterizadas por una transformaciones han tenido gran impacto en la producción así como en las diferentes formas de organización en el proceso productivo, así como el creciente proceso de digitalización de la economía.

La economía global transita una nueva fase que se caracteriza por la digitalización y la conectividad. Tecnologías como la robótica, internet de las cosas, computación en la nube, big data, inteligencia artificial e impresión 3D refuerzan la importancia de la industria manufacturera a partir de la fabricación de productos personalizados e inteligentes.

Los avances en las Tics crean un puente que permite ser un medio ya sea físico o virtual para conectar personas, máquinas o procesos productivos. En este sentido las empresas han tenido que implementar diferentes estrategias para poder hacer frente a este cambio. Ha diseñado estrategias tecnológicas que permiten la inserción a la nueva era digital. En este sentido, el concepto de Industria 4.0 tiene un papel importante dentro de la pregunta y los objetivos de investigación dado que es el contexto en el que se desarrolla la investigación. Esto da paso a la creación de estrategias tecnológicas por las empresas para poder insertarse en el contexto de la Industria 4.0.

### **Estrategias tecnológicas**

La estrategia tecnológica consiste en políticas, planes y procedimientos para adquirir, gestionar y explotar conocimientos, saberes y habilidades, de origen interno y externo, en beneficio de la empresa; además, se deriva de la estrategia empresarial, con la cual debe estar en consonancia. (Velásquez & Medellín, 2005)

Debido a los avances que trae consigo la industria 4.0, las empresas han tenido que idear estrategias tecnológicas que permitan diseñar y adaptar las tecnologías de la Industria 4.0 para mejorar su desempeño, considerando motivaciones y obstáculos, así como destacar sus fortalezas y debilidades para responder de forma más eficiente el entorno en el que actúan. Elaborar una planeación tecnológica permite a las empresas aterrizar las estrategias para hacer frente a este cambio, ya que dichas estrategias consisten en tomar acciones acerca de las actividades de la empresa. La planeación tecnológica permite aterrizar la estrategia de empresarial, definir la situación tecnológica que guarda la empresa y sus perspectivas, consolidar competencias de la empresa e integrar una cartera de proyectos tecnológicos debidamente alineada con la estrategia empresarial.

Las estrategias tecnológicas funcionan para saber cómo seleccionar las tecnologías, cómo adquirir tecnologías así como su implementación.

### **Motivaciones para adoptar nuevas tecnologías**

La motivación es “el conjunto de razones por las que las personas u organizaciones se comportan de las formas en que lo hacen. El comportamiento motivado es vigoroso, dirigido y sostenido” (Naranjo, 2009)

Las motivaciones que llevan a las empresas a crear estrategias tecnológicas para adoptar tecnologías de la industria 4.0 son diversas, y varían de acuerdo a lo que la empresa desea en el largo plazo, ya sea ser más competitiva, más sustentable y sostenible o una combinación de ellas. También dependen de las capacidades actuales de la empresa y del mercado donde opera.

Dentro de las motivaciones para adoptar la Industria 4.0 también se encuentra que las empresas desean no solo aumentar el volumen de producción, sino que también buscan aumentar el valor agregado de sus productos, desarrollar una industria tecnológica, disminuir las brecha tecnológica con las empresas de clase mundial, desarrollar estrategias para la adopción especializada de tecnologías y desarrollar oportunidades en nichos de alto valor agregado de la Industria 4.0.

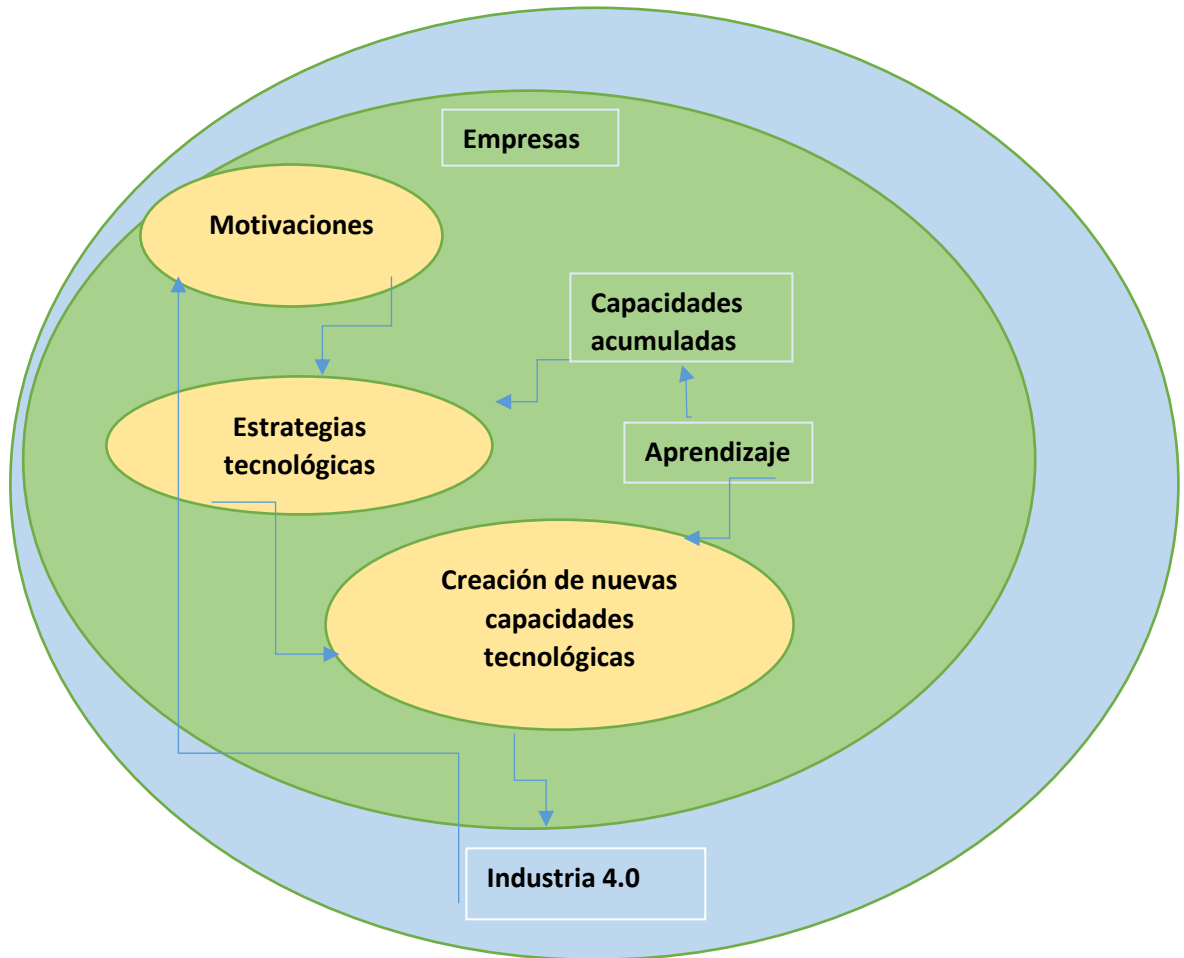
### **Capacidades tecnológicas**

Las capacidades tecnológicas son definidas como la habilidad para hacer un uso efectivo del conocimiento tecnológico para asimilar, usar, adaptar, y cambiar las tecnologías existentes. (Kim, 1997)

#### 2.5.2 Diseño del marco conceptual

De acuerdo a las pregunta que dirige esta investigación, la revisión de los cuerpos teóricos relacionados y los conceptos centrales definidos en la sección anterior, la figura 3 muestra el diseño del marco conceptual. Este sirve de referencia para relacionar los conceptos con la pregunta de investigación. El foco son las estrategias tecnológicas asociadas a la Industria 4.0 en el sector automotriz, dado el contexto de digitalización de la economía y el creciente aumento de las tecnologías de la industria 4.0 en muchos sectores productivo.

**Figura 3 Diseño del marco conceptual**



Fuente: Elaboración propia.

El diseño del marco representa los conceptos utilizados así como muestra las relaciones entre ellos, los conceptos principales están representados en círculos naranjas, las flechas azules representan las relaciones entre los conceptos, los conceptos de empresa, capacidades acumuladas y aprendizaje son conceptos secundarios que se incorporan pero son importantes dentro de los conceptos principales, esto ayuda a tener mayor entendimiento de estas relaciones. La dirección de las flechas indica la influencia que tiene un concepto sobre el otro. i) Como la estrategias tecnológicas indican en la creación de capacidades tecnológicas

ii) Como la creación de nuevas capacidades depende del aprendizaje tecnológico y de las capacidades acumuladas

iii) Como las motivaciones inciden en la creación de estrategias tecnológicas para adoptar la Industria 4.0.

### **3 EL SECTOR AUTOMOTRIZ Y LA INDUSTRIA 4.0**

A nivel global, la importancia del sector automotriz en las economías nacionales y su papel como propulsor para el desarrollo de otros sectores de alto valor agregado, han provocado que diversos países tengan como uno de sus principales objetivos el desarrollo y/o fortalecimiento del sector. México no es la excepción, pues el sector automotriz ha representado un sector estratégico para el desarrollo de nuestro país. Su participación en las exportaciones lo coloca como el sector más importante, superando incluso al sector petrolero. (SE, 2012)

El sector automotriz en México ha crecido a un ritmo acelerado a partir de la década de 1990, Con esto, el sector automotriz se convirtió en una plataforma de exportación regional. México ha llegado a ser junto con Canadá uno de los dos principales proveedores de autos completos y de autopartes para el mercado de Estados Unidos. (Álvarez, 2020)

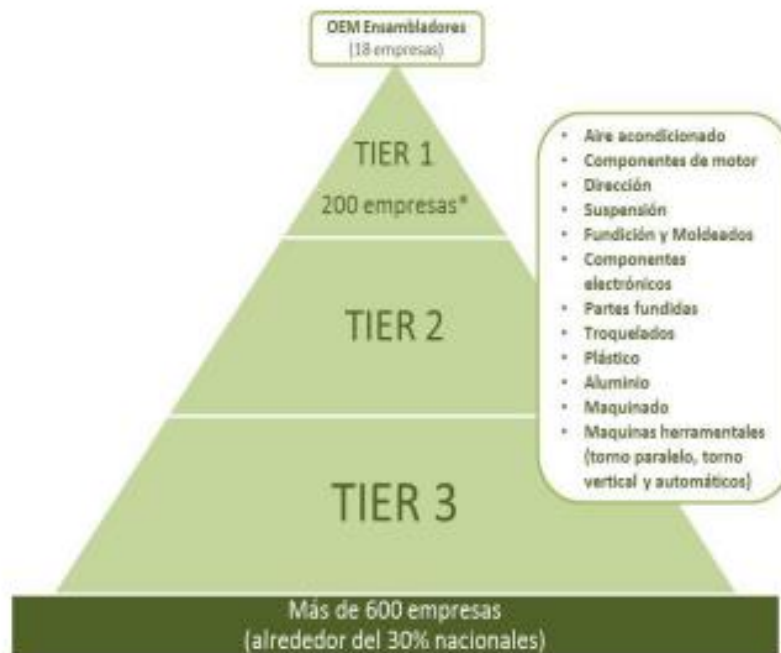
Este sector ha generado una importante derrama de capacidades tecnológicas que encuentran aplicación en otros sectores, como son el eléctrico, electrónico y aeroespacial y que, a su vez, han propiciado la generación de cuadros técnicos especializados. Por su amplia proveeduría y las ventajas competitivas a nivel mundial que ofrece México en mano de obra calificada y competitiva, posición geográfica y acceso preferencial a otros mercados, la industria automotriz mexicana tiene un alto potencial de crecimiento y de generación de empleos de alta calidad. (SE,2013)

El sector automotriz se caracteriza por tener una composición definida, la cual se divide en: industria terminal e industria de autopartes. La industria de autopartes se compone de las proveedoras de las ensambladoras. México tiene una industria de autopartes competitiva, integrada por más de 600 empresas de primero, segundo y tercer nivel. (SE, 2013) Los

proveedores se distinguen según su grado de integración con las empresas ensambladoras. Los proveedores se clasifican en diferentes niveles: los proveedores directos de la industria terminal (primer nivel), conocidos internacionalmente bajo la denominación Tier 1, son las más integradas y proveen de partes. Las Tier 1 proponen a las ensambladoras proyectos de innovación conforme a su especialización. Las Tier 2 y 3 son empresas proveedoras de partes con diseños suministrados frecuentemente por las Tier 1, usualmente suministran productos básicos y partes individuales. Las Tier 2 proveen de componentes a las Tier 1, mientras que las Tier 3 abastecen a las Tier 2. Los proveedores de segundo y tercer nivel abastecen productos relativamente de menor valor agregado. (CamBioTec, 2018)

Los proveedores del primer nivel (Tier 1) se ocupan de la integración de sistemas para abastecer módulos ya ensamblados directamente a la cadena de montaje del ensamblador. Es importante manifestar que este tipo de proveedores, generalmente utilizan una estrategia del tipo “justo a tiempo” para hacer llegar sus productos a los ensambladores. (CamBioTec, 2018).

**Figura 4 Proveedores por niveles**



Fuente: SE, 2013

Se considera que alrededor de una tercera parte de las empresas de autopartes son Tier 1 Tier 1. Proveedores de partes originales a las ensambladoras, principalmente de subensambles y

tiene capacidad de diseño. Tier 2 y 3. Proveedores de partes con diseños suministrados por Tier 1, generalmente suministran productos relativamente básicos y partes individuales. (SE,2013)

Este sector opera bajo Cadenas Globales de Valor (CGV) esto quiere decir que existe una fragmentación de la producción y de las actividades para producir un bien y esta se da en diferentes posiciones geográficas a través de cadenas globales, esto representa la más reciente manifestación de integración económica mundial. Así, las CGV han fomentado una mayor especialización, y por tanto, un uso más eficiente de recursos con respecto a una situación en la cual la totalidad del proceso productivo se llevara a cabo en un solo país. Así, las CGV han tenido efectos positivos sobre la productividad en los distintos países que las integran, así como sobre sus niveles de bienestar. (Banxico, 2017)

### 3.1 Tendencias en la Introducción de la Industria 4.0

El sector automotriz es muy dinámico es por ellos que debe ser ajustado a las tendencias de producción de la Industria 4.0. Las cuáles son la digitalización, integración y personalización de sistemas y procesos. (Guajardo et al, 2019). En México hay muy buenos ejemplos de plantas de manufactura en el sector automotriz, aeroespacial y electrónica, cuyas operaciones locales son ejemplos de mejores prácticas para sus organizaciones a nivel global. Este alto nivel de madurez operacional en estos sectores significa que el país tiene grandes oportunidades para avanzar en la adopción de la Industria 4.0. ( Zegarra & Pérez, 2018).

Datos relevantes sobre el sector automotriz en México:

- Aportó 3.7% del PIB nacional y 20.2% del PIB manufacturero en 2017.
- Es la segunda actividad económica con mayor participación en el PIB manufacturero después de la industria alimentaria.
- De 2010 a 2017, el PIB del sector automotriz creció 12.3% en promedio en términos reales, aumentando su importancia en el PIB nacional.
- Impactó 90 actividades económicas en el sector secundario y 70 en comercio y servicios.



- Generó más de 800 mil empleos directos en la fabricación de vehículos y autopartes en 2017.
- Uno de cada cinco empleos en las Industrias manufactureras pertenece a este sector
- Registró una balanza comercial superavitaria de 71 mil millones de dólares en 2017.
- 83% de la producción de vehículos ligeros se destina al mercado de exportación.
- México es el 4° exportador mundial de productos del sector automotriz. (SE, 2016)

Dado lo anterior y su incremento en la participación en el valor agregado manufacturero mundial y, al mismo tiempo su aumento de productividad, ha dado como resultado una mejora en la ubicación entre las economías industriales más importantes en el mundo. (Martínez, et al, 2020)

De acuerdo a la Secretaria de Economía (2013), las principales tendencias del sector automotriz en cuanto a tecnologías y capital humano son las siguientes:

### **Tecnologías**

- “Tecnología de motores y la transición a lo eléctrico. A pesar de la preferencia por motores de combustión interna más eficientes que por eléctricos.”
- “El cambio de lo mecánico a lo electrónico. Mayor grado de integración con la industria electrónica (componentes).”
- “Movilidad de baja tecnología. Esta tendencia será evidente en los mercados en los cuales se adquirirán vehículos por primera vez.”
- “Se espera que los vehículos híbridos tengan mayor participación que los eléctricos, pero las tendencias indican un mundo completamente eléctrico en el largo plazo.”

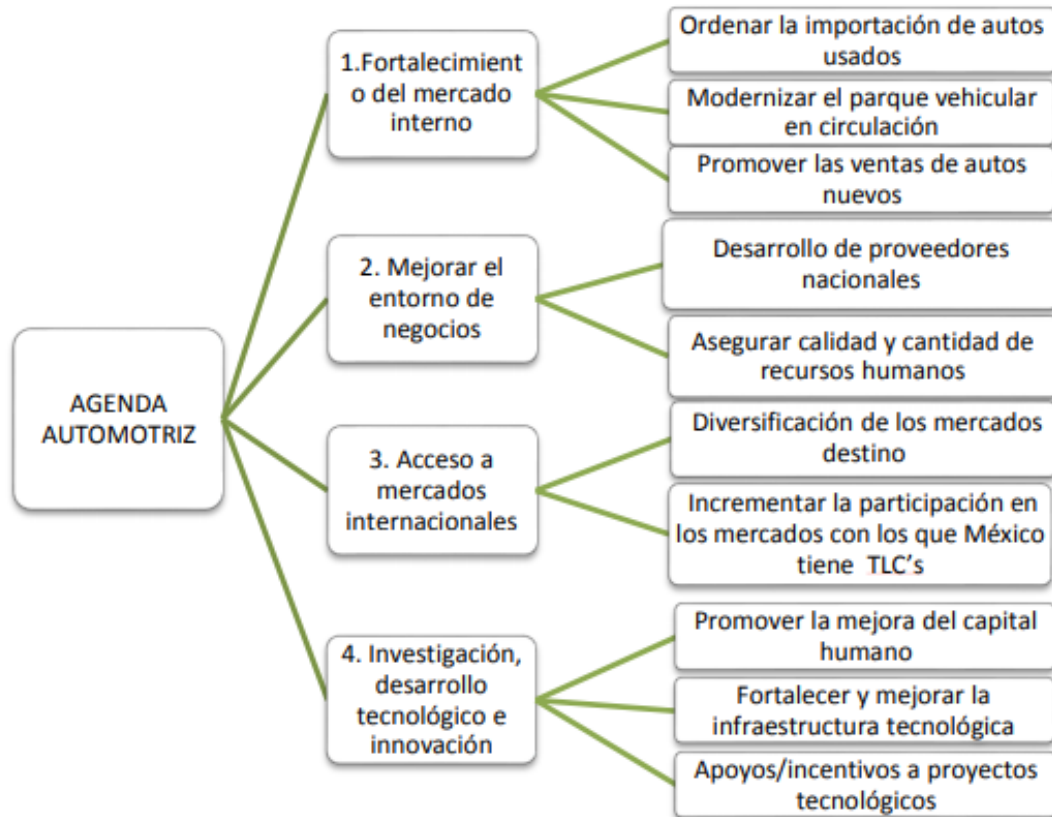
### **Capital Humano**

- “Se requerirá de trabajadores cada vez más capacitados desde el diseño hasta la producción.”
- “Trabajadores con mayores y más profundas habilidades en todos los niveles para todas las áreas de la empresa y que cubran aspectos como el desarrollo tecnológico y la innovación (Flexibilidad laboral).”
- “Vinculación entre fabricantes y proveedores para el desarrollo de los trabajadores”

- “Cambio en los programas de reclutamiento enfocados en empleados cada vez más jóvenes que buscarán desarrollo profesional a largo plazo.”

Con base en lo anterior se ha integrado un grupo de trabajo entre el sector automotriz y el Gobierno Federal para el desarrollo y consolidación de estas cuatros áreas que se muestran en la figura 5.

**Figura 5 Agenda automotriz**



Fuente: SE, 2013

De acuerdo a los temas abordados en esta investigación, el punto cuatro de la agenda automotriz, presentado en la figura anterior, cobra mayor relevancia, ya que está muy enfocado al tema de capacidades tecnológicas, en cuanto al fortalecimiento y mejora. La importancia del sector automotriz y de sus capacidades tecnológicas son un pilar para la adopción de tecnologías de la Industria 4.0.

### 3.2 Estrategias y motivaciones en el sector automotriz para adoptar la Industria 4.0

Como se mencionó en la sección 2.3.1 Para la creación de una estrategia tecnológica enfocada a la adopción de la Industria 4.0 se tiene que evaluar la propia madurez tecnológica de la empresa y establecer objetivos claros, y asegurarse de que estén alineados con la estrategia empresarial; esto requiere de todo un proceso de planeación tecnológica. (BID, CTI, 2018)

Para las estrategias de adopción en el sector automotriz de la Industria 4.0, estas estarán en función de la adquisición y del nivel de capacidades tecnológicas que cuente el sector así como del tipos de tecnologías adoptadas y de la cantidad de recursos y equipo disponibles para adquirir y adoptar las tecnologías de la Industria 4.0.

En cuanto a las motivaciones están en función de mejorar el posicionamiento como una empresa de alta tecnología y que está vinculada a sus ejes estratégicos y al enriquecimiento de su patrimonio tecnológico, así como lograr una diferenciación de productos que se deriven de la introducción de la Industria 4.0 y finalmente a la motivación de reducir costos y aumentar el volumen de producción y productividad.

Por ejemplo de acuerdo a información obtenida de su página de internet, El Grupo Volkswagen, con sede en Wolfsburg, Alemania, es uno de los principales fabricantes mundiales de automóviles y vehículos comerciales y el mayor fabricante de automóviles de Europa. Con su programa "Together-Strategy 2025", el Grupo está sentando las bases para convertirse en un líder mundial de movilidad.

Para Volkswagen de México, buscando tanto un desarrollo sustentable en todas sus actividades como la mejora continua, ha enfocado sus esfuerzos para la implantación de un Sistema de Gestión:

- **Calidad**, que incremente el grado de confiabilidad de productos y servicios ante sus clientes.

- **Ambiental**, enfocado en asegurar el equilibrio entre sus actividades productivas, productos y la naturaleza.
- **Seguridad y Salud Laboral**, para que su personal labore en un ambiente confortable, eficiente y seguro. (VW, 2020)

Otro ejemplo es el caso de la Industria automotriz japonesa, revisando la información disponible en los diversos sitios web de empresas automotrices japonesas, por ejemplo Honda y Mazda ocurre algo muy parecido con la industria alemana, básicamente el compromiso ambiental así como ser líderes tecnológicos, generando innovaciones, creando calidad, seguridad y responsabilidad ambiental son parte de la misión y visión de esta industria. (Mazda, 2020)

Para el caso de la industria Estadounidense en específico General Motors cuatro de las marcas que comercializan se encuentran Chevrolet, Buick, GMC y Cadillac dentro de su informe de responsabilidad 2018 se encuentran sus cinco principios que son:

- Tiempo corto de respuesta.
- Involucramiento de la gente.
- Estandarización
- Construir con calidad.
- Mejora continua

Dentro de sus propósitos se encuentran:

- Estar comprometidos con la seguridad en todo lo que hacen.
- Ganar clientes de por vida.
- Sus marcas inspiran pasión y lealtad.
- Incorporar tecnología de punta, creando vehículos y experiencias que la gente ama.
- Crear soluciones que mejoran la sostenibilidad de las comunidades en que vivimos y trabajamos. (General, 2018)

Estas estrategias y motivaciones estarán en función de la adopción de la Industria 4.0 en el sector así de las capacidades tecnológicas acumuladas así como de las que se necesitan crear.

## 4 METODOLOGÍA

### 4.1 Introducción

El propósito de este apartado es explicar cómo se llevará a cabo esta investigación. Esta investigación se basa a nivel de empresa. El diseño se basa en un estudio de caso sobre las estrategias de adopción de la industria 4.0 y la creación de nuevas capacidades tecnológicas en una empresa automotriz mexicana.

El caso elegido será una empresa mexicana que cumpla con los siguientes requisitos: Qué se encuentre dentro del sector automotriz, que haya adoptado con éxito tecnologías de la industria 4.0, y que sea un proveedor nacional de autopartes. Las principales fuentes de información serán las entrevistas semiestructuradas, realizadas a los directivos de la empresa, así como fuentes secundarias.

Este capítulo aborda en la primera parte el diseño de la investigación, se explica por qué se eligió la metodología del estudio de caso y por qué se seleccionó el caso en particular. En la segunda parte se resumen las fuentes de información y se explica ampliamente cómo se analizará la información.

### 4.2 Diseño de la investigación

Un diseño de investigación es un plan concebido para obtener respuestas a preguntas o problemas de la investigación. El plan es el esquema o programa completo de la investigación. (Kumar, 2011). En ese sentido este apartado se centra en la descripción del plan para dar respuesta a los objetivos planteados, así como de la estrategia elegida para ésta investigación y la cuáles fueron los criterios para seleccionar el caso en particular.

#### 4.2.1 Características de la investigación

El rasgo particular de este trabajo es analizar las estrategias asociadas a la industria 4.0 en el sector automotriz y las capacidades tecnológicas que se necesitan para un uso eficiente de dichas tecnologías, así como cuales son las motivaciones que llevan a las empresas a adoptar las tecnologías de la Industria 4.0.

Dentro de esta investigación se busca analizar las estrategias asociadas a la industria 4.0 automotriz en México, así como las capacidades tecnológicas que se necesitan para un uso eficiente de dichas tecnologías. Dado el contexto de digitalización de la economía y el aumento de las tecnologías asociadas a la informática, es necesario que las empresas implementen una serie de estrategias para la adopción de estas tecnologías, así como identificar qué capacidades tecnológicas asociadas a estas se requieren crear para hacer uso eficiente de las tecnologías.

El diseño y la metodología está condicionada por los objetivos y la pregunta de investigación, así como por la disponibilidad y el acceso a la información. En ese sentido se necesita una metodología que permita capturar información detallada, así como explorar y describir sucesos contemporáneos.

Dado que se necesita un nivel de información detallada, la investigación **cualitativa** es más apropiada para explorar la variación y diversidad en cualquier aspecto de la vida. (Kumar, 2011). Asumiendo que las preguntas de "cómo" y "por qué" serán el foco de estudio, estas dos condiciones ayudan a distinguir la estrategia para la investigación, en este sentido el más apropiado para esta investigación el **estudio de caso**. (Yin, 2018)

Un estudio de investigación clasificado como un **estudio descriptivo** intenta describir sistemáticamente una situación, problema, fenómeno, servicio o programa, o proporciona información sobre, por ejemplo, las condiciones de vida de una comunidad, o describe actitudes hacia un problema. (Kumar, 2011)

Continuando con las características de la investigación, la metodología elegida tiene que permitir hacer el análisis a nivel corporativo.

#### 4.2.2 Estrategia de investigación: la metodología del estudio de caso

La metodología de este trabajo es de tipo cualitativa, es un estudio de caso. Los estudios de caso son preferibles cuando los comportamientos relevantes todavía no pueden ser manipulados y cuando el deseo es estudiar algún evento contemporáneo o conjunto de eventos.

El estudio de caso se basa en gran medida en dos fuentes de evidencia principales: observación de los eventos que se están estudiando y entrevistas de las personas que pueden seguir participando en esos eventos. La fuerza del estudio de caso es su capacidad para tratar con una variedad completa de evidencia: documentos, artefactos, entrevistas y observaciones directas, así como observación de los participantes, más allá de lo que podría estar disponible en un estudio histórico convencional. La esencia de un estudio de caso, es que trata de iluminar una decisión o un conjunto de decisiones: por qué fueron tomadas, cómo se implementaron y con qué resultado (Yin 2018). Cuanto más buscan las preguntas *explicar* algunas circunstancias contemporáneas, por ejemplo, "cómo" o "por qué" sucede un fenómeno social, la investigación de estudio de caso será relevante.

**Caso simple.** Una razón para seleccionar un caso simple es porque la elección de un caso único en particular es representativo.

#### 4.3 La construcción del diseño de un estudio de caso

Los estudios de caso también son relevantes, cuando se requiere mayor descripción y un nivel más amplio de profundidad, así como de eventos contemporáneos, y de casos específicos como lo son las empresas. En este apartado se describen las fuentes de recolección de los datos así como, el análisis de los mismos.

##### 4.3.1 Unidad de observación y unidad de análisis

**Unidad de observación.** El estudio se enfocará en una empresa del sector automotriz

**Criterios para elegir el caso.** Los criterios para la elección del caso básicamente se centran en las siguientes características:

- Ser una empresa automotriz mexicana
- Ser proveedora nacional de autopartes
- Que haya implementado con éxito tecnologías de la industria 4.0

**Unidad de análisis.** Para responder a la pregunta de investigación, la unidad de análisis son las estrategias tecnológicas de adopción y capacidades tecnológicas que se desarrollan en función de la adopción de la Industria 4.0

#### 4.3.2 Fuentes de información.

De acuerdo a Kumer (2011) existen tres métodos principales de recopilación de datos en la investigación cualitativa:

**1. Entrevistas semiestructuradas;** La recopilación de datos a través de entrevistas semiestructuradas es extremadamente útil en situaciones en las que se necesita información de profundidad o se sabe poco sobre el área. La flexibilidad permitida al entrevistador en lo que él / ella le pide a un encuestado, ya que puede obtener información extremadamente rica. Como proporciona información de profundidad, esta técnica es utilizada por muchos investigadores para construir una investigación estructurada. Usar una guía de entrevista como medio de recopilación de datos. requiere mucha más habilidad por parte del investigador que el uso de una entrevista estructurada. El generar una **guía de entrevista ayuda a** asegurar la cobertura deseada de las áreas de consulta y comparabilidad de la información entre los encuestados. (Kumar, 2011)

**2. Observación del participante.**

**3. Fuentes secundarias.** Los estudios de investigación cualitativos y cuantitativos utilizan fuentes secundarias como método de recolección de datos. En la investigación cualitativa, generalmente se extraen descripciones (históricas y actuales) y narrativas. Algunos ejemplos



comunes son: el censo, registro de estadísticas, encuestas de fuerza laboral, informes y pronósticos. (Kumar, 2011)

En el cuadro 2 se muestran las fuentes de información utilizadas, y los propósitos; el hecho de utilizar diversas fuentes es una de las principales ventajas del estudio de caso.

**Cuadro 2 Fuentes de información**

<b>Fuente de información</b>	<b>Informante</b>	<b>Propósito</b>
Entrevistas semi-estructuradas	Directores/ Gerentes	Explorar las estrategias implementadas en la empresa asociadas a la I- 4 Identificar las motivaciones que llevan a la empresa a diseñar las estrategias Identificar y analizar las capacidades tecnológicas que la empresa tiene y las que necesita para realizar un uso eficiente de estas tecnologías.
Observación participante	Entrevistador	Analizar si lo dicho por los entrevistados, tiene lógica con lo observado por el entrevistador
Fuentes secundarias: Documentos	Publicaciones sobre estrategias tecnológicas Informes Otras publicaciones de la empresa	Obtener información adicional acerca de las estrategias implementadas para adoptar la Industria 4.0

Fuente: Kumar, 2011

La principal fuente de información serán las entrevistas semiestructuradas dirigidas en especial a los directivos o gerentes de la empresa; el motivo por el cual se seleccionó a ellos en particular se presenta en el cuadro 3. Los gerentes realizan actividades que son centrales para la construcción de la estrategia de la empresa.

**Cuadro 3 Actividades realizadas por un gerente**

<b>1.- Planea</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- evalúa el estado actual de la empresa</li> <li>Establece objetivos</li> <li>Desarrolla estrategias</li> <li>Define las condiciones del desempeño</li> <li>Define presupuestos y objetivos financieros</li> </ul>
<b>2.- Organiza</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bosqueja las actividades requeridas</li> <li>Determinar las unidades y subunidades necesarias</li> <li>Delinea responsabilidades y autoridad</li> <li>Asigna los recursos necesarios</li> </ul>
<b>3.- Consigue y desarrolla personal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrolla un plan de recursos humanos</li> <li>Consigue personal para el crecimiento</li> <li>Establece estándares de desempeño</li> <li>Conduce revisiones de seguridad</li> </ul>
<b>4.-Dirige y conduce</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determina que hay que hacer</li> <li>Fija criterios de rendimiento aceptable</li> <li>Revisa y evalúa el avance del trabajo</li> </ul>
<b>5.- evalúa y controla</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Establece estándares técnicos y financieros más controles</li> <li>Verifica la calidad y el avance</li> <li>Identifica problemas e instituye acciones correctivas</li> </ul>

Fuente: (Batelle, 1988)

Los temas centrales de esta investigación, en los cuales se basarán las entrevistas, se mencionan en el cuadro 3. El diseño de la guía de entrevista se describe en la sección 4.4

**Cuadro 4 principales temas abordados en la entrevista**

<b>Principales temas abordados en entrevistas</b>
Uso / adopción de diferentes tecnologías nuevas: robots, impresión 3D, realidad virtual, big data y aprendizaje automático.
Motivación para implementar estas nuevas tecnologías
Principales tecnologías que utilizan
Ventajas y desventajas para la adopción

Fuente: Elaboración propia

La investigación pretende analizar una empresa automotriz mexicana con al menos 8 personas entrevistadas, teniendo en cuenta la disponibilidad de los directivos. Se incluirán gerentes a diferentes niveles directivos y de diferentes áreas: I+D, recursos humanos, Ingeniería, entre otros.

#### 4.3.3 Triangulación de la información

Es importante dentro de la investigación validar la información mediante ciertas pruebas debido a que se supone que un diseño de investigación se representa un conjunto lógico de afirmaciones, también se puede juzgar la calidad de cualquier diseño, de acuerdo con ciertas pruebas. Cuatro pruebas se han utilizado comúnmente para establecer la calidad de la mayoría de las investigaciones sociales empíricas. Las cuatro pruebas son relevantes para la investigación de estudio de caso. (Yin,2018)

**Validez del constructo:** identificación de medidas operativas correctas para los conceptos que se estudian. Esta prueba es especialmente importante dado que los estudios de caso a menudo señalan el hecho que el investigador no desarrolla un conjunto de medidas suficientemente operativas y que sus “juicios subjetivos” tienden a confirmar las nociones preconcebidas del investigador.

**Validez interna:** establecer una relación causal, por la cual se cree que ciertas condiciones conducen a otras condiciones, como se distingue de relaciones espurias. La validez interna es principalmente una preocupación para los estudios de casos, cuando un investigador está tratando de explicar cómo y por qué del evento x condujo al evento y. Si el investigador concluye incorrectamente que existe una relación causal entre x e y sin saber que algún tercer evento, z, que en realidad puede haber causado y.

**Validez externa:** muestra si y cómo los hallazgos de un estudio de caso pueden generalizarse. La tercera prueba aborda el problema de saber si los hallazgos de un estudio son generalizables más allá del estudio inmediato. Para repetir un punto clave de la discusión anterior, referirse a la generalización estadística y cualquier analogía con muestras y poblaciones sería erróneo.

**Fiabilidad:** demuestra que las operaciones de un estudio, como sus procedimientos de recopilación de datos, pueden repetirse con los mismos resultados.

Para la investigación de estudios de caso, las diversas tácticas que se utilizarán para tratar estas pruebas deben aplicarse a lo largo de la realización de un estudio de caso, no solo al comienzo. Por lo tanto, el "trabajo de diseño" para hacer estudios de caso puede continuar más allá de los planes de diseño iniciales. El objetivo es asegurarse que, si un investigador posterior sigue los mismos procedimientos descritos por un investigador anterior y realiza el mismo estudio nuevamente, el investigador posterior llegará a los mismos hallazgos y conclusiones. Seguir este procedimiento en la investigación de estudios de caso significa estudiar el mismo caso nuevamente, no solo replicar los resultados del estudio de caso original al estudiar otro caso. El objetivo de la confiabilidad es minimizar los errores y sesgos en un estudio. (Yin, 2018)

A continuación se muestra en el cuadro 5 las cuatro pruebas, la táctica y la fase en que se realiza.

Cuadro 5. Pruebas de validez de la información

<b>Prueba</b>	<b>Táctica de Caso de estudio</b>	<b>Fase en el estudio de caso</b>
Validez del constructo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar múltiples fuentes de evidencia</li> <li>• Hacer que los informantes clave revisen el borrador del informe del estudio de caso</li> </ul>	Recopilación de datos
Validez interna	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hacer coincidencia de patrones</li> <li>• Hacer construcciones de explicaciones</li> <li>• Abordar explicaciones rivales.</li> <li>• Usar modelos lógicos</li> </ul>	Recopilación de datos
Validez externa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utiliza teoría en estudios de casos individuales</li> <li>• Utilizar la lógica de replicación en estudios de caso múltiples</li> </ul>	Diseño de la investigación

Fiabilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar el protocolo de estudio de caso</li> <li>• Desarrollar una base de datos de estudios de caso</li> </ul>	Recopilación de datos
------------	---	-----------------------

Fuente: Yin (2018).

#### 4.3.4 Análisis de la información

El proceso de análisis de información será mediante la operacionalización de conceptos que permite por una parte, la elaboración de los instrumentos de medida, convirtiéndolos en indicadores o elementos de observación, esto permitirá, la construcción de la guía de entrevista. también se utilizará el programa de análisis de información Atlas. Ti para analizar la información obtenida de las entrevistas.

Un punto importante para el análisis de la información será explorar en qué situaciones las nuevas tecnologías complementan o aumentan las capacidades de la empresa.. De manera general, el análisis de la información permitirá conocer las estrategias y estado de adopción y uso de las tecnologías 4.0 en la industria automotriz mexicana.

#### 4.4 Operacionalización de las variables

De acuerdo a Reguant & Martínez (2014) una variable es todo aquello que se va a medir, controlar y estudiar en una investigación, es también un concepto clasificador. Pues asume valores diferentes, los que pueden ser cuantitativos o cualitativos. Y también pueden ser definidas conceptual y operacionalmente.

La operacionalización de conceptos/variables permite por una parte, la elaboración de los instrumentos de medida, convirtiendo los indicadores en ítems o elementos de observación. Igualmente facilitan otro proceso, como es la construcción de índices, al mostrar de una forma esquemática todo el contenido de la investigación facilitan la visión global que permite hacer el camino de vuelta... es decir recomponer la información recabada para integrarla en una “explicación” de cada una de la dimensiones y conceptos (Reguant & Martínez, 2014).

En esta investigación partimos de información cualitativa, y el reto es conectar conceptos, variables, indicadores y preguntas de la guía de entrevista.

El cuadro 6 contiene la operacionalización de los principales conceptos utilizados, en los cuales se crearon instrumentos de medida de los elementos teóricos en este caso, los principales conceptos utilizados, para convertirlos en indicadores o elementos de observación, pasando de conceptos o elementos abstractos a niveles concretos. En la primera columna se colocó el concepto utilizado, en la segunda, la dimensión la cual se refiere a una propiedad o la naturaleza del concepto que no es observable físicamente, en la siguiente columna se coloca la variable la cual indica alguna cualidad o característica del concepto y que puede cambiar de valor, pasamos a la columna cuatro en donde la variable se convierte en indicador, el cual ya es un elemento observable y medible, y finalizamos en la columna cinco con la pregunta que conecta los elementos anteriores y que permite obtener información concreta y medible. Estas preguntas se tomaron como base para la guía de entrevista que se realizará al gerente de la empresa que se estudiará. (ver anexo)

Cuadro 6 operacionalización de los principales conceptos

Concepto	Dimensión	Variable	Indicador	Pregunta
<b>INDUSTRIA 4.0</b>	Nuevas tecnologías	Incorporación de la Robótica	Número de robots Introducidos	¿Cuántos robots se han incorporado en los últimos 5 años?
			Tipos de Robots introducidos	¿Qué tipos de robots se han introducido en los últimos 5 años?
		Incorporación de Inteligencia Artificial (AI), uso de Big data y análisis de grandes datos	Forma de recolección de datos para la toma de decisiones	¿Cómo se recolectaba la información antes de incorporación de i4.0 para la toma de decisiones?
				¿Qué cambios han surgido en la recolección de datos con la i4.0?
			Relación entre incorporación de Robótica e IA	¿Qué relación existe entre la robótica, la IA y el uso de datos para la toma de decisiones?
				¿Desde que se introdujo los robots se está utilizando la información y aplicando técnicas de big data y análisis de grandes datos?
			Tipo de uso de datos generados por los robots	¿La recolección de datos arrojados por los robots sirve para la toma de decisiones?
			Proporción de datos analizados en tiempo real	¿Qué capacidades requiero para el uso de estos datos?

<b>INDUSTRIA 4.0</b>	Nuevas tecnologías	Impresión 3D	Número de prototipos diseñados	¿Cuántos prototipos se han incorporado en la producción en los últimos 5 años?
			Tipos de prototipos diseñados	¿Para qué se utilizan los prototipos diseñados?
			Relación entre Impresión 3D, IA Robotica	¿Existe atraso en cuanto a la ausencia de alguna de ellas en el proceso productivo o son independientes una de otra? ¿Cómo se aprovechan éstas tecnologías en la producción?
<b>ESTRATEGIAS TECNOLÓGICAS</b>	Plan de acción	Existencia de un Plan de acción	Periodo	¿Existe un Plan de acción? ¿Desde cuándo existe el Plan de acción en la empresa?
			Grado de formalidad	¿Qué grado de formalidad tiene el Plan de acción? ¿Qué motivación fue clave la formalidad del Plan de acción?
	Relación con la estrategia empresarial	Alineación de objetivos tecnológicos con objetivos de la empresa	Grado de alineación de ambas estrategias	¿Cuáles son los objetivos de la empresa?
				¿Cuáles son los objetivos tecnológicos de la empresa? ¿Qué relación existe entre los objetivos de la empresa y los objetivos tecnológicos
Adquisición y adopción de tecnologías	Adopción de tecnologías de I4.0	Tipos de tecnologías adoptadas	¿Qué tipo de tecnologías adoptar?	



				¿Por qué adoptarlas?
				¿Cuándo adoptarlas?
	Adquisición y adopción de tecnologías	Adopción de tecnologías de I4.0	Cantidad de recursos y equipo disponibles para adquirir y adoptar las tecnologías	¿ Se cuenta con recursos suficientes para adquirir y gestionar tecnologías?
<b>Motivaciones Para adoptar tecnologías de la I4.0</b>	Posicionamiento como una empresa de alta tecnológica	Ejes estratégicos de la empresa	Cambios en los ejes estratégicos	¿Han cambiado los ejes estratégicos que motivan a adoptar estas tecnologías para mejorar el posicionamiento de la empresa?
		Enriquecimiento de su patrimonio tecnológico	Cambios en el número de patentes, gasto en I+D e innovaciones	¿Cuántas patentes se generaron en los últimos 5 años?
				¿Cuál es el porcentaje asignado al gasto en I+D como proporción de las ventas?
			¿ De qué manera el patrimonio refuerzan la ventaja competitiva de la empresa?	
	Diferenciación de productos	Variedad de productos asociados a las nuevas tecnologías	Cantidad de productos Nuevos	¿Cantidad de nuevos productos lanzados al mercado en los últimos 5 años?
			Cantidad de Productos mejorados	¿Qué mejoras se realizaron a los productos ya existentes? (Calidad, imagen, nuevas aplicaciones ajenos al costo)

	Reduccion de costos y aumento de la producción	Introducción de tecnologías que permitan incrementar la productividad	Variación en la Rentabilidad	¿Se ha visto un cambio generado en la rentabilidad de la empresa a medida que se introducen nuevas tecnologías?
Variación en el crecimiento de la producción			¿Cómo ha variado la cantidad de producción ante la incorporación de tecnologías?	
<b>Capacidades Tecnológicas</b>	Capacidades acumuladas	Nivel y tipo de capacidades tecnológicas desarrolladas	Tipo de actividades tecnológicas desarrolladas comúnmente	¿Qué tipo de actividades tecnológicas desarrolla la empresa? (mejora en diseño, organización o proceso)
				¿Cuál es el nivel de capacidad tecnológico en este momento en la empresa?
				¿Cuál es el posicionamiento de acuerdo a la competencia en el mercado? (líder imitador seguidor o seguidor lento)
		¿Qué tan lejos está con respecto al líder?		
		Variación de las capacidades ante la Introducción de la I4.0	Nivel de Capacidades tecnológicas alcanzado por la empresa	¿La empresa cuenta con recursos tanto en infraestructura como en capital humano, para incrementar el nivel de capacidades tecnológicas demanda por el mercado ante I4.0?  ¿Qué cambios generó la introducción de las tecnologías de la I4.0 en las capacidades tecnológicas?

<b>Capacidades tecnológicas</b>	Aprendizaje tecnológico	Estrategias de Aprendizaje	Tipos de las estrategias de aprendizaje utilizado en la empresa	¿Qué tipos de aprendizaje se utiliza en la empresa para adoptar tecnologías de la I4?0?
			Nivel de adquisición de habilidades y conocimientos	¿Cómo la empresa adquiere, organiza y utiliza el conocimiento para adoptar tecnologías?

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5 Análisis de contenido con Atlas Ti

Atlas. Ti es un programa de recuperación de texto, sin embargo está dirigido a un trabajo conceptual, en donde cada paso de la codificación teórica tiene un espacio en el programa. Por ejemplo, la codificación abierta se realiza en el nivel de codificación de segmentos, ya sea de texto, audio, video o imágenes. En tanto, la codificación axial tiene su espacio con la función de creación redes de relaciones conceptuales. Son esquemas explicativos, pero no jerárquicos, de las categorías y sus subcategorías en función de las relaciones entre familias de códigos o anotaciones. En cuanto, a la codificación selectiva propuesta en la Teoría Fundamentada Atlas. Ti posee la función súper código, que permite elaborar una categoría central que integra los códigos y categorías construidos en las fases de codificación abierta y axial. (Cantero, 2014).

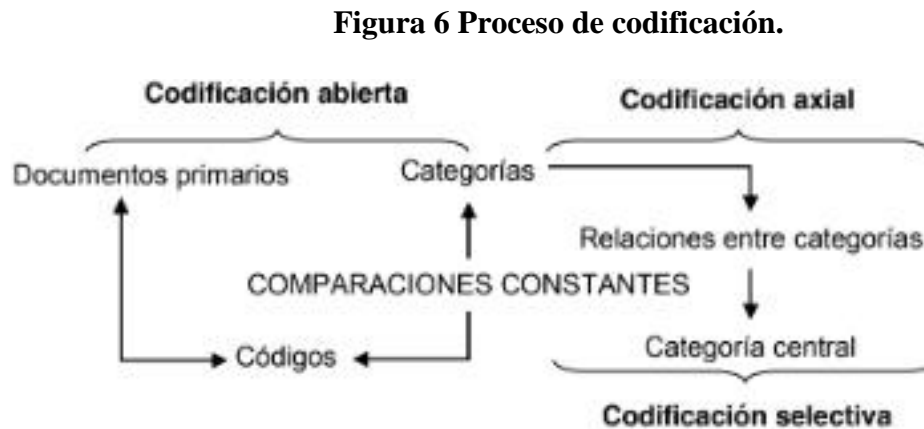
Con base en la información anterior, este programa nos facilita estructurar información y realizar el análisis de la que se obtuvo de las entrevistas. En primer lugar se tiene que identificar y conceptualizar los significados de los textos (transcripción de las entrevistas), segmentarlos y compararlos en términos de sus similitudes y diferencias creando menos (anotaciones), estos a su vez se agrupan para crear códigos. Esto permite hacer una

categorización, lo que quiere decir hacer un resumen de conceptos genéricos utilizados en la investigación.

Después se realiza una vinculación de categorías mediante la codificación axial, esto quiere decir, hacer relaciones entre las categorías obtenidas en la primera parte de la codificación abierta, que suelen ser significativas para los entrevistados. En esta etapa se pretende identificar las condiciones, contexto, estrategias de acción, esto quiere decir dar paso a la creación de pequeñas historias de la información obtenida.

El siguiente paso es la codificación selectiva, el propósito es obtener una categoría central, aquí se integran todos los conceptos del análisis, condensados en unas cuantas palabras que explican de que trata la investigación, que a su vez integra la realidad expresada de todos los sujetos de la investigación.

La figura 6 ilustra el proceso de codificación mencionado anteriormente.



Fuente: Cantero, 2014

El cuadro 7 muestra las funciones del programa Atlas ti, la finalidad es mostrar los procedimientos constructores de teoría, que permiten organizarla la información, registrar reflexiones, categorizar, esto otorga mayor poder explicativo para la investigación dada su naturaleza cualitativa.

**Cuadro 7 Funciones de Atlas Ti**

<b>Funciones</b>	<b>Descripción</b>
<b>Unidad hermenéutica</b>	Contenedor electrónico que alberga y organiza todos los datos, códigos, memorandos y diagramas pertenecientes al análisis
<b>Documentos primarios</b>	Fuentes de datos representadas en textos, fotografías, audio, video, etc.
<b>Citas</b>	Segmentos significativos que contienen el fenómeno que se estudia
<b>Código</b>	Expresión descriptiva del fenómeno que se estudia
<b>Anotaciones</b>	Comentarios teóricos, metodológicos o empíricos que surgen a partir de análisis de los datos
<b>Familias</b>	Son categorías de códigos que expresan un nivel conceptual del fenómeno en estudio.
<b>Link</b>	Representan conectores que sintetizan las relaciones entre códigos, categorías o subcategorías.
<b>Network</b>	Redes que grafican las relaciones entre códigos y categorías, expresan: condiciones, contextos y dimensiones en qué ocurre el fenómeno.

Fuente: Cantero, 2014

En este apartado se desarrolló la metodología para llevar a cabo esta investigación, tanto el diseño y la elección del tipo de metodología más adecuada, así como las fuentes de información y las herramientas que ayudarán al análisis de la información.

## 5 PRINCIPALES RESULTADOS ESPERADOS

En este capítulo se exponen algunos de los resultados que se esperan encontrar al realizar esta investigación. Mi pregunta de investigación es, ¿Cuáles son las estrategias para adoptar la industria 4.0, qué capacidades tecnológicas se requieren para hacer un uso más eficiente de las tecnologías asociadas y por qué es necesario construirlas?

Los resultados que espero obtener en cuanto a las estrategias de adopción de tecnologías 4.0, que siguen las empresas en la industria automotriz mexicana, se relacionan con los siguientes temas:

1. qué estrategias se están implementando
2. cuáles son las principales motivaciones para adoptar la I4.0,
3. qué capacidades es necesario desarrollar para un uso eficiente de esas tecnologías.

### 5.1 Algunos resultados presentados en la literatura

La literatura ha arrojado algunas estrategias que se están implementando, por ejemplo: una estrategia es crear un clúster automotriz para impulsar el avance en la adopción de la I4.0 en la manufactura (Álvarez & Negrete , 2019); otras están enfocadas a la vinculación entre el sector público, el sector privado y la academia para cerrar la brecha que hay entre empresas pequeñas, medianas y grandes en cuanto al cambio tecnológico, además de contribuir a su inserción en las cadenas de valor de diferentes industrias (IM, 2018 ).

Mi expectativa es que los resultados arrojen que las empresas se encuentran en un proceso de adopción de tecnologías 4.0 porque desean obtener cambios positivos en las mismas empresas, y que las capacidades tecnológicas acumuladas con las que cuentan las empresas de la industria no son suficientes para lograr una integración de todas estas tecnologías 4.0, ya que estas funcionan de manera complementaria y no de manera independiente en su

mayoría, Se espera identificar que las motivaciones que las mueven para adoptarlas van más allá de reducción de costos y aumento de volumen de producción, y que no sólo el desempeño económico es clave, para querer adoptarlas, también influyen factores tanto internos como externos de la empresa, por ejemplo: aumentar el nivel de conocimiento en los productos y servicios, mejorar el posicionamiento tecnológico de la empresa, mejorar la calidad y creación de nuevos productos entre otros.

Por un lado, se espera que se puedan reducir los costos de transacción, que incluyen los de coordinación, información, motivación, control y supervisión. Además se espera contribuir al desarrollo de nuevas capacidades en la empresa, ayudando al desarrollo de estructuras empresariales más dinámicas y flexibles, produciendo una reestructuración, automatización o simplificación de procesos ahorrando tiempo, costos y aumento de productividad. (Sieber & Fuentes , 2017)

Espero que mis resultados arrojarán que aún no se cuentan con capacidades tecnológicas suficientes para adoptar la I4.0, ya que la estructura innovadora en México presenta serias limitaciones en cuanto a las capacidades técnicas y organizativas de las empresas para incorporar tecnologías digitales en sus procesos productivos ( Casalet & Stezano, 2020). El Banco Mundial considera que América Latina y el Caribe tienen las tasas más bajas de adopción de tecnologías digitales características de la Industria 4.0 que países similares de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). La adopción de la Industria 4.0 es una excelente oportunidad para avanzar rumbo a la integración de la tecnologías en los procesos productivos, y en toda la cadena de valor. Como señala Michael García asesor de la presidencia de la República para expansión 2019.

*“México tiene el potencial de ser percibido como el gran maquillador de la inteligencia artificial, robótica y automatización, siempre y cuando nos aseguremos de que en el mundo académico hay suficiente investigación matemática computacional para crear un ecosistema fuerte, con el fin de que el sector industrial esté listo”.*

Dado lo anterior, el Banco Mundial recomienda algunas estrategias para áreas clave que pueden ayudar a aprovechar el poder productivo de esta revolución digital que incluyen el mejoramiento de la adopción de la Industria 4.0:

- **Poner tecnologías a disposición de las empresas locales a precios competitivos a nivel mundial** por ejemplo, las empresas manufactureras que adoptaron el uso de Internet de alta velocidad vieron un aumento directo en la demanda de trabajadores y trabajadores de producción menos calificados, así como de trabajadores profesionales más calificados.
- **Asegurarse que las empresas tengan incentivos para invertir en mejora de la tecnología y las exportaciones, en lugar de buscar la protección de la competencia.** Las políticas e instituciones que alientan a las empresas a competir las llevan a invertir en mejorar la calidad de sus productos y reducir los costos y precios en lugar de invertir para obtener privilegios gubernamentales. Las empresas también pueden beneficiarse de la adopción de mejores prácticas de gestión para aumentar la producción y la distribución, un área con un enorme potencial en la región.
- **Educar a los trabajadores para prepararlos para los trabajos del mañana** que exigirán habilidades nuevas y más sofisticadas por ejemplo, las industrias más intensivas en tecnología dependen cada vez más de los empleados para realizar tareas más cognitivas y analíticas en las que la comunicación y las habilidades interpersonales tienen una demanda particularmente alta. El hecho de querer alejarse de la tecnología por temor al cambio tecnológico sería un error costoso. (Banco Mundial, 2018)

De acuerdo a la Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia (FUMEC), la Industria 4.0 es una gran oportunidad para impulsar el desarrollo de México principalmente en sectores estratégicos como lo es la industria automotriz, ya que representa la consolidación de una plataforma que promueve el crecimiento y la productividad de las empresas. FUMEC promueve que las pequeñas y medianas empresas (pymes) logren aprovechar esas tecnologías, que las conozcan y adopten aquellas que les sean útiles para impulsar su productividad y capacidad de innovación, poniendo énfasis en una estrategia de impulsar un ecosistema de innovación en México con apoyo de expertos internacionales para acelerar el proceso de adopción de las tecnologías de la Industria 4.0 en las empresas de sectores estratégicos en México, como lo es la industria automotriz. La creación de un Centro de



Productividad e Innovación para la Industria 4.0 (CEPRODI 4.0) en el estado de Querétaro representa un avance para la adopción de la Industria 4.0 ya que ofrece servicios de Consultoría y proyectos demostrativos a las empresas para acelerar el proceso de adopción de tecnologías de la I4.0. (FUMEC, 2020)

Sin embargo a raíz de la crisis sanitaria debido al SARS-CoV-2, se ha materializado un cambio a gran escala, la adopción de tecnologías se aceleró. Las organizaciones están cada vez más adentrándose en la tecnología e infraestructura digital, y el creciente uso de las plataformas de comunicación virtual seguirá aumentando, buscando que las tecnologías emergentes mejoren la productividad, el talento y obligando a las empresas a reevaluar temas como: las capacidades tecnológicas con las que cuenta la industria, así como las que se necesitan crear para hacer un uso más eficiente de las tecnologías 4.0.

Aún con la crisis provocada por la pandemia por COVID-19, México puede mantenerse al frente, la contingencia vino a acelerar hasta tres años la adopción de nuevas tecnologías de Industria 4.0 en las empresas. (FUMEC, 2018)

Si bien se ha hecho mención de que es una buena oportunidad para México de impulsar la adopción de la I4.0 el hecho de que cuente con una amplia gama de recursos naturales que junto con la creación y consolidación de nuevas ciencias como la biotecnología y la nanotecnología en su conjunto con las tecnologías de la Industria 4.0 permitan dar un salto tecnológico. Una fuente importante de la adopción de las tecnologías de la I4.0, será la creación de nuevos materiales, que pueden dar paso a la creación de nuevas capacidades tecnológicas e incrementar ese enorme potencial tecnológico de la industria automotriz mexicana. Por ejemplo, en la industria automotriz la utilización de fibras naturales para crear autopartes que permite mayor flexibilidad, más ligereza, así como reducción de costos.

Pero estos cambios tienen que ir enfocados a una estrategia tecnológica, que permita consolidar a la industria mexicana a nivel global como líder tecnológico, en creación de nuevos materiales, en nanotecnología, así como la creación de nuevas capacidades tecnológicas que permitan el uso eficiente de estas tecnologías. Si bien nos encontramos en una economía globalizada, países desarrollados necesitan materiales y recursos naturales que pueden aprovechar para crear nuevos materiales. Este es un recurso que la industria mexicana

puede aprovechar para crear y usar estos materiales que junto con las tecnologías de la Industria 4.0 permitirían consolidarse como líder tecnológico en la industria. (Pérez, 2020)

Otro tema importante es el éxito de la implementación de la robótica en la industria automotriz, esta se basó en realizar tareas con velocidad, precisión y fiabilidad crecientes. Hoy en día la robótica se abre a un amplio campo de aplicaciones y su impacto social irá en aumento. además de su influencia en el mercado laboral, su presencia en la industria será cada vez mayor generando cambios de hábitos y de organización en las empresas.

La robótica industrial se ha ido extendiendo paulatinamente aumentando sus prestaciones a medida que las mejoras tecnológicas lo han hecho posible. El éxito de la robótica está ligado al progreso de la inteligencia artificial, que forma parte de la informática que se dedica al desarrollo de los algoritmos que permiten a una máquina tomar decisiones inteligentes, comportándose como si tuviese una inteligencia semejante a la humana. (Amat & Casals, 2017)

Por ejemplo en una investigación realizada por la Universidad de Johannesburgo, la evidencia muestra que la Industria 4.0 ha comenzado a transformar la industria Sudafricana. Dado que la industria automotriz se caracteriza por un alto grado de acumulabilidad organizativa y tecnológica a nivel empresarial, así como de actividades de innovación que toman la forma del diseño e integración de sistemas complejos que implican la coordinación de redes de proveedores externos para un producto final que está relativamente estandarizado. Esto explica el alcance mucho mayor para el uso de robots industriales en la industria automotriz. La industria automotriz en todo el mundo está dominada por un número relativamente pequeño de empresas multinacionales de países desarrollados en las que se concentra la I + D y controla en gran medida el proceso de diseño de nuevos modelos de automóviles y el desarrollo de los métodos de línea de ensamblaje utilizados para producirlos. (Lorenz, Tessarin, & Morceiro, 2019)

Dentro de las tecnologías de la industria 4.0 adoptadas por empresas automotrices, de la Industria Sudafricana se encuentran principalmente:

- Robótica
- Impresión 3D

- Inteligencia Artificial
- Big data
- Internet de las cosas y
- Realidad virtual

Estas tecnologías son vistas como un conjunto para cambiar la forma en como vivimos y trabajamos, cambios generados a partir de la cuarta Revolución Industrial con mayor interconectividad entre máquinas y sistemas informáticos conectados, que promete ayudar a aumentar la productividad industrial y las tasas de crecimiento, así como una producción y consumo más sostenible.

En el caso de las motivaciones que identificaron para adoptar estas tecnologías son diversas por ejemplo, para el primer caso de estudio: una empresa productora automotriz multinacional y que se especializa en la producción de vehículos ligeros mostró las siguientes motivaciones:

***Motivaciones de adopción de nuevas tecnologías*** . En cuanto a las motivaciones para la adopción de nuevas tecnologías, se refieren a la presión por parte de la empresa matriz para estandarizar la tecnología en todo el mundo. En principio , deberían utilizarse los mismos métodos para fabricar carrocerías idénticas independientemente de la ubicación . El volumen se asigna de forma centralizada por la empresa matriz y los criterios serán los costos, por lo que existen fuertes incentivos para actualizar y mejorar la productividad continuamente.

Otro caso señalado es una multinacional automotriz que se especializa en la producción de vehículos comerciales y de pasajeros livianos.

***Motivaciones de adopción de nuevas tecnologías*** la empresa ha incrementado el uso de robots industriales especialmente en el taller de carrocería para soldadura y montaje de automóviles. El aumento en el uso de robots industriales estuvo vinculado al aumento de los objetivos en términos de volumen de producción. Si bien las decisiones de adopción de tecnología se determinan localmente, la compañía global insiste en un alto grado de estandarización en todas las plantas de todo el mundo y que la misma plataforma de automóvil debe ser idéntica independientemente de la ubicación. Los principales motivos

para adoptar robots, además de los aumentos en la productividad, son cumplir con mayores requisitos de calidad y eliminar cualquier variabilidad entre los componentes estandarizados producidos en grandes volúmenes.

En la industria automotriz Sudafricana el ritmo del cambio tecnológico, incluido el aumento del uso de robots y otras tecnologías de automatización, está impulsado por las demandas de las empresas matrices de las multinacionales. (Lorenz, Tessarin, & Morceiro, 2019)

Para el caso de la industria automotriz mexicana los resultados esperados pueden ser similares tomando en cuenta algunos trabajos citados que arrojan información interesante de la industria, por ejemplo: empresas como General Motors, BMW, Nissan, Mazda han adoptado las siguientes tecnologías de la industria 4.0 en sus líneas de producción.

- Robots
- impresión 3D
- inteligencia artificial
- Big data y
- realidad virtual.

De acuerdo a Industrial Transformation México, los tipos de robots implementados en la industria automotriz mexicana son principalmente:

- Robots articulados: son los más comunes en la industria, tienen mejor movimiento y trabajan a altas velocidades.
- Brazos robóticos: estos se utilizan en la industria para transportar objetos muy pesados y para mover chasis de los automóviles.
- Robots cartesianos y colaborativos, el primero es el más usual y básico, el colaborativo es ligero fácil de utilizar y flexible. Estos son diseñados para colaborar con seres humanos y trabajar de forma compartida.

El uso de estos robots en la industria automotriz mexicana permite mover materiales pesados, exposición en altas y bajas temperaturas, acabados precisos tales como pintura y soldadura, realizar actividades repetidas como es carga y descarga y tareas programables. Los robots aumentan la tasa de producción, la eficiencia en el uso de los materiales, la calidad del producto, la flexibilidad y la convertibilidad en los procesos de fabricación y, al mismo

tiempo, evitan los riesgos operativos, que ponen en riesgo la salud e integridad de los trabajadores.

Para el caso de la impresión 3D la adopción de esta tecnología tiene varios usos en la industria automotriz mexicana, por ejemplo: creación de nuevos diseños, disminución en costos y en tiempo de fabricación, esto se da principalmente en actividades de impresión de autopartes y accesorios. De acuerdo al portal Manufactura (2017) Carlos Cortés<sup>1</sup> menciona:

*“Algunos observadores de la industria imaginan que en un futuro los clientes se conectarán a la red para diseñar automóviles de acuerdo con sus propias especificaciones, que luego enviarán a impresión en 3D y que se les entregarán en menos de dos días. De manera más inmediata, la industria automotriz contempla producir automóviles que contengan componentes impresos en 3D para mejorar propiedades del vehículo, tales como el peso, la velocidad y la confiabilidad”*

Si bien la impresión 3D significa un gran avance tecnológico en la Industria automotriz mexicana, aún se necesita creación de capacidades tecnológicas en cuanto a la producción en creación de infraestructura, habilidades de los trabajadores y de inversión para poder implementarla de manera eficaz.

Por el lado de la Inteligencia Artificial (IA) clúster como el de San Luis Potosí están adoptando soluciones con IA en la producción, sin duda esta tecnología conforme avance permitirá una mayor eficiencia en el uso de las demás tecnologías 4.0. Esta tecnología representa una promesa para el desarrollo tecnológico del sector, los resultados esperados al concluir la investigación es seguir el desarrollo de la IA y el uso combinado con otras tecnologías, por ejemplo: para asistir al conductor al identificar situaciones de riesgo e incluso para tomar el control del vehículo. Será interesante conocer los usos de la IA en el sector y en la solución de diferentes situaciones.

La realidad virtual en el sector está dando pasos agigantados, se espera que a largo plazo, la nueva tecnología reemplace al proceso de diseño tradicional, el cual se realiza mediante un boceto 2D que luego se escanea para producir una ilustración de alta calidad. Una vez que se

---

<sup>1</sup> Ricardo Cortés director general de HP Inc en México

evalúan estas representaciones, algunas se traducen en datos utilizando un software de diseño asistido por computadora para crear un modelo 3D. (AM, 2019)

De acuerdo a la Conferencia vía Remota llamada “*Revoluciones tecnológicas, cambios en estilo de vida y desarrollo industrial sustentable en América Latina post COVID 19*” (Pérez, 2020) hace un análisis muy interesante de cómo esta crisis y los cambios generados en los estilos de vida a raíz de esta crisis pueden ser una ventana de oportunidad para América Latina.

Una ventana de oportunidad basada en los recursos naturales, puede aprovechar la madurez tecnológica de las industrias de los países desarrollados, para adaptarlas y crear las nuestras. Una oportunidad de desarrollo para la industria automotriz es reconocer que se abre una oportunidad para la industria mexicana y en general en América Latina,

Mencionó que algunos motivos por los cuales sería viable el moverse hacia los recursos naturales junto con las tecnologías de la Industria 4.0 como fuente competitiva para la Industria automotriz mexicana serían:

- El aumento de los precios de estos materiales a nivel global dada la escasez
- La hipersegmentación de los mercados
- La creciente demanda de automóviles cada vez más sustentables
- El dinamismo tecnológico que caracteriza a esta Industria
- El posicionamiento tecnológico de la industria dado que se contaría con tecnología incorporada en los automóviles, generando valor agregado.
- Que para ese posicionamiento se necesitan la creación de nuevas capacidades tecnológicas que trabajen en sincronía con las nuevas ciencias
- Invertir en I+D para crear nuevos materiales
- Invertir en capacitación de los trabajadores

Finalmente, la Industria automotriz mexicana gracias a su dinamismo es un elemento clave para la modernización e integración de México en la economía global y hacia la adopción de tecnologías 4.0 que sin duda será un momento clave para México si se sabe aprovechar las oportunidades.

## 5.2 Los resultados esperados para esta investigación

Como se señaló antes, los resultados que espero obtener en cuanto a las estrategias de adopción de tecnologías 4.0, que siguen las empresas en la industria automotriz mexicana, se relacionan con los siguientes temas:

1. Qué estrategias se están implementando
2. Cuáles son las principales motivaciones para adoptar la I4.0,
3. Qué capacidades es necesario desarrollar para un uso eficiente de esas tecnologías.

Tomando como base la guía de entrevista que finalmente me arrojará la información necesaria para realizar la investigación, puedo decir que mis resultados esperados en cuanto a las estrategias de adopción de tecnologías 4.0 que siguen las empresas de la industria automotriz mexicana estarán en función de los siguientes elementos:

1. Adquisición y adopción de tecnologías, que dependen de la cantidad de recursos y equipo disponibles para adquirir y adoptarlas.
2. Alineación de objetivos tecnológicos con objetivos de la empresa.
3. Así como de la existencia y el grado de formalidad del Plan de Acción.

En relación a las motivaciones para las estrategias de adopción de tecnologías.

1. Posicionamiento como una empresa de alta tecnológica, así como del enriquecimiento de su patrimonio tecnológico
2. Diferenciación de productos, que exista variedad de productos asociados a las nuevas tecnologías de la industria 4.0
3. Reducción de costos y aumento del volumen de producción, así como aumento de la productividad.

Así como también incrementar la intensidad de conocimiento en los productos, presión internacional, cumplir con los requisitos de mayor calidad y eliminar cualquier variabilidad entre los componentes estandarizados producidos en grandes volúmenes, aumentar el valor agregado de los productos, desarrollar una industria tecnológica, disminuir la brecha tecnológica con las empresas de clase mundial, desarrollar estrategias para la adopción

especializada de tecnologías y desarrollar oportunidades en nichos de alto valor agregado de las industrias 4.0.

En relación a las capacidades tecnológicas los resultados esperados para la investigación son:

1. Identificar los tipos y niveles de capacidades con los que cuenta la empresa
2. Identificar la variación de las capacidades ante la introducción de la Industria 4.0
3. Distinguir los tipos de actividades tecnológicas desarrolladas comúnmente
4. Identificar el nivel de Capacidades tecnológicas alcanzado por la empresa
5. Diferenciar los tipos de las estrategias de aprendizaje utilizado en la empresa
6. Identificar el nivel de adquisición de habilidades y conocimientos.

Una vez identificado lo anterior podrá constatar si se cuenta con infraestructura adecuada para adoptar tecnologías 4.0, si existe una falta de habilidades por parte de los trabajadores, identificar el nivel de capacidades tecnológicas, así como si existe una falta de incentivos para crear un entorno altamente tecnológico y transitar de un sector basado en explotación de mano de obra, a uno con mano de obra altamente calificado con habilidades enfocados a la Industria 4.0

## 6 REFLEXIONES GENERALES

Si bien la Cuarta Revolución Industrial está en plena marcha. El éxito de la transformación digital depende de estrategias tecnológicas integrales, que promuevan una relación de diálogo permanente entre los sectores público y privado para construir una agenda digital de manera ágil y urgente. Dados los cambios que se están generando en la economía mundial, el desarrollo y fabricación de nuevos productos será un reto que tendrán que enfrentar las empresas en México. El diseño de estrategias tecnológicas será uno de los requisitos para mantener la competitividad.



Algunas investigaciones mostraron que el sector automotriz mexicano está adoptando y usando tecnologías 4.0, dentro de las cuales se encuentran: la robótica, inteligencia artificial, big data, impresión 3D y realidad virtual.

Se identificaron que las estrategias seguidas por las empresas del sector automotriz están motivadas por: productos intensivos en conocimiento, presión internacional, aumento de objetivos en términos de volumen de producción, cumplir con los requisitos de mayor calidad y eliminar cualquier variabilidad entre los componentes estandarizados producidos en grandes volúmenes, aumentar el valor agregado de los productos, desarrollar una industria tecnológica, disminuir la brecha tecnológica con las empresas de clase mundial, desarrollar estrategias para la adopción especializada de tecnologías y desarrollar oportunidades en nichos de alto valor agregado de las industrias 4.0. La Industria 4.0 abre nuevas oportunidades de negocio y alianzas antes no imaginadas para las empresas manufactureras. México puede aprovechar esta tendencia para avanzar en la adopción de las operaciones digitales.

Aún el nivel de adopción puede mejorar con ayuda de creación de capacidades tecnológicas que permitan el uso eficiente de las tecnologías 4.0, ya que las capacidades existentes o acumuladas no son suficientes para lograr esa complementariedad en el proceso productivo en el sector, por ejemplo no se cuenta con infraestructura adecuada para adoptar tecnologías 4.0, la falta de habilidades por parte de los trabajadores, la falta de acceso a recursos y así como falta de incentivos para crear un entorno altamente tecnológico y transitar de un sector basado en explotación de mano de obra, a uno con mano de obra altamente calificado con habilidades enfocados a la Industria 4.0.

Un tema importante que se abordó fue el de sustentabilidad que va muy de la mano con los recursos naturales como ventana de oportunidad para un crecimiento digital verde, para las empresas, la sostenibilidad tiene que significar crear valor para todas las partes interesadas de manera duradera: clientes, empleados, inversores, socios comerciales y la sociedad en general. La base de esto es que la empresa se debe responsabilizar de los efectos económicos, ecológicos y sociales de sus actividades comerciales y analizar toda la cadena de valor.

Una ventana de oportunidad basada en los recursos naturales, puede aprovechar la madurez tecnológica de las industrias de los países desarrollados, poder adaptarlas y crear las nuestras. El hecho de querer alejarse de la tecnología por temor al cambio tecnológico sería un

error. Finalmente, la incorporación de la industria 4.0 ya no es un tema muy lejano o del futuro ya es presente y es una realidad que debe tomarse muy en serio, las tecnologías están muy avanzadas y es vital reconocer las oportunidades para lograr el posicionamiento y generar ventajas competitivas.

México está entre los principales compradores de robots en el mundo esto representa una oportunidad de automatización en la industria automotriz, siendo esta pionera en la adquisición e incorporación de tecnologías 4.0 en sus líneas de producción, esta representa un área de oportunidad para desarrollar nuevas capacidades tecnológicas que hagan sincronía con las tecnologías que se desean incorporar.

Sin duda, una parte fundamental es la vinculación entre el Gobierno, las Instituciones Educativas y el Sector Productivo trabajando de la mano. Con ello se podría desarrollar una industria automotriz altamente competitiva en el mundo, con la incorporación de tecnologías 4.0, con la creación de nuevas capacidades tecnológicas, nuevas ciencias, apoyadas por el gobierno, sería un salto tecnológico para incorporarse y posicionarse como líder tecnológico, caracterizado por la integración de nuevas tecnologías de automatización con análisis de big data y una mayor interconectividad como base, para una fabricación flexible e inteligente que puede mejorar la eficiencia y competitividad.

## Bibliografía

- Álvarez, M., & Negrete, M. V. (2019). *La industria 4.0 en México y el apoyo de los clústeres automotrices, a. c. para su desarrollo*. ciudad de México: XXIV Congreso Internacional, de contaduría, administración e informática.
- ABDI. (2017). *ABDI*. Obtenido de Jornada da Indústria para o 4.0: <http://www.industria40.gov.br/>
- AM. (5 de febrero de 2019). *México Automotriz*. Obtenido de México Automotriz: <https://www.mexicoautomotriz.mx/autopartes/ford-disenara-sus-autos-mediante-sistema-de-realidad-virtual-3d/>
- Amat, J., & Casals, A. (2017). *Los robots del futuro. Un reto para la inteligencia artificial*. España.
- Arrow, K. (1962), "The Economic Implications of Learning by Doing", *Review of Economic Studies*, Vol. 29, no. 80
- Banxico. (2017). *La importancia de las Cadenas Globales de Valor en México y Estados Unidos*. México. Informe Trimestral.
- Basco, A. I., & Beliz, G. (2018). *Industria 4.0: Fabricando el futuro*. Buenos Aires: BID.
- Batelle. (1988). *The Batelle International Program In Productive R&D Management*. Ohio USA.
- Bell, M. (1984). "Learning' and the Accumulation of Industrial Technological Capacity in Developing Countries", in K. King and M. Fransman (eds), *Technological Capacity in the Third World*; London, Macmillan.
- Bell, M., & Pavitt, K. (1995). *The Development of Technological Capabilities*. En *Trade, Technology, and International competitiveness*. Haque.
- Benavente, J., & Suaznábar, C. (2018). *Políticas 4.0 para la cuarta revolución industrial*. BID.
- Bravo, L. D. (2013). *La entrevista, recurso flexible y dinámico*. Elsevier.
- Breda, D. M. (2018). *Ensayo sobre la ceguera: la industria 4.0 en América Latina*. Hemisferio Izquierdo.
- CamBioTec. (2018) *Diseño del marco estratégico para la estructuración del Sistema Mexiquense de Innovación y la implementación de la Agenda de Innovación del Estado de México*. México. FECYT.
- Cantero, D. S. (2014). *Grounded theory and Atlas ti: methodological resources for educational research*. Universidad Autónoma de Baja California.
- Casalet, M. (2018). *La digitalización industrial: Un camino hacia la gobernanza colaborativa*. Santiago: Naciones Unidas .

- Casalet , M., & Stezano, F. (2020). *Risks and opportunities for the progress of digitalization in Mexico. Economics of Innovation and new technology.*
- Coutinho, L. (2016). *A terceira Revolução Industrial e Tecnológica: As grandes tendências de mudança.* UNICAMP.
- Dodgson, M. (1993). "*Organizational Learning: A Review of Some Literatures*",*.* Organizational Studies.
- Dutrénit, G. (2003). *Retos de la administración del conocimiento en la construcción de las primeras capacidades centrales. Un estudio de caso del Grupo Vitro . En Innovación, aprendizaje y creación de capacidades tecnológicas . México: Miguel Ángel Porrúa.*
- Dutrénit, G.& Oliveira, A. (2005). *Acumulación de capacidades tecnológicas en la industria maquiladora.* Revista Bancomext. vol.55, núm. 7. México.
- Eugenia, M. M., & Castellanos, O. (2007). *Estrategias para el fortalecimiento de las Pyme de base tecnológica a partir del enfoque de. INNOVAR. Revista de Ciencias Administrativas y Sociales, vol. 17, núm. 29,.*
- Expansión. (27 de septiembre de 2019). Obtenido de <https://expansion.mx/bespoke-ad/2019/09/27/industria-4-0-oportunidad-de-oro-para-mexico>
- FUMEC. (2018). Obtenido de <http://www.fumec.org/blog/120892162708RnRbA20201631>
- FUMEC. (2020). Obtenido de <https://www.fumec.org/Industria4-0>
- Garbo, S. (1997). *Technology Development and Business Strategy: A Changing Environment Impacts Practices.* Massachusetts Institute of Technology.
- General, M. (2018). *Informe de Responsabilidad Social 2019. Disponible en : https://www.gm.com.mx/static/pdf/IA\_GM\_2019.pdf*
- Manyika, J. et al. (2017). *A future that works executive summary.* MCKINSEY & COMPANY. Informe Ejecutivo. MGI
- Grant, R. M. (2001). *Corporate strategy: managing scope and strategy content.* En A. Pettigrew, T. Howard , & R. Whittin, *Handbook of strategy & management.*
- Guajardo, A., Nava, K., Gil, J., Leyva, O., & Torres, C. (2019). *The incorporation of industry 4.0 in the auto parts sector in Nuevo Leon, Mexico.* UANL: Innovaciones de Negocios.
- Hollander, S. (1968), "*The sources of increased efficiency: a study of Du Pont rayon plants,* The MIT Press.
- IM. (abril de 2018 ). *International Metalmecánica.* Obtenido de <http://www.metalmecanica.com/temas/Mexico-establece-estrategia-para-la-Industria-40+124920>
- INEGI. (2018). *Conociendo la Industria Automotriz.* Ciudad de México.

- Jeonghoon, L., Zong-Tae, B., & Jinjoo, L. (1994). *Strategic management of a large-scale technology development: The case of the Korean*. ELSEVIER.
- Kim, L. (1997). *From Imitation to Innovation. The Dynamics of Korea's Technological Learning*. Boston, Mass., Harvard Business School Press.
- Kumar, R. (2011). *Research Methodology a step-by- step guide for beginners* . London EC1Y 1S: SAGE.
- Lall, S. (1993). "Technological Capabilities". , *The Uncertain Question: Science, Technology and Development*; . Tokyo, United Nations University Press.: J.J. Salomon.
- Lorenz, E., Tessarin, M., & Morceiro, P. (2019). *Report on the Adoption of 4th Industrial Revolution Technologies* . University of Johannesburg .
- Malerba, F. (1992). *Learning by Firms and Incremental Technical Change*. The Economic Journal.
- Manufactura. (17 de 08 de 2017). *Manufactura*. Obtenido de Manufactura: <https://manufactura.mx/columnas/2017/08/17/la-impresion-3d-revoluciona-la-industria-automotriz>
- Martínez et al. (2020). *Industria 4.0 en México. Elementos diagnósticos y puesta en práctica en sectores y empresas*. UNAM, Plaza y Valdés Editores. México.
- Mazda. (2020). Obtenido de <https://www.mazda.mx/acerca-de-mazda/nuestra-historia>
- Medrano, J. A. (2000). *Innovación, Desarrollo y Medio Local dimensiones sociales y espaciales de la innovación* . revista electrónica de geografía y ciencias sociales.
- naranjo, m. (2009) *Motivación: perspectivas teóricas y algunas consideraciones de su importancia en el ámbito educativo*. revista educación, vol 33, núm. 2. costa rica
- OECD (2018), *Oslo Manual*. OECD/Eurostat.
- Pérez, C. (2003). *Revoluciones tecnológicas, cambios de paradigma y de marco socio institucional* . En *Innovación, aprendizaje y creación de capacidades tecnológicas*. México. D.F. : UAM, Porrúa .
- Pérez, C. (2010). 'Technological revolutions and techno-economic paradigms. Cambridge Journal of Economics.
- Pérez, C. (25 de agosto de 2020). *LALICS*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=xAY4xLehIW8&feature=youtu.be&fbclid=IwAR0snGpsIwc3VE8V2uxU-WE5etok0wEQI7pNcg0PCS980SxS-z2ehd7zlQw>
- Porter, M. (1985). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance* . New York: Free Press.

- Reguant, M., & Martínez, F. (2014). *Operacionalización de conceptos/variables*. Universidad de Barcelona, Barcelona, España,.
- Rosenbloom, B. (10 de marzo de 2003). On reading and analyzing technology-rich cases. Obtenido de <http://www.espen.com/papers/MemoTechCaseReading.pdf>
- Schroeder, W. (2016). *La estrategia alemana Industria 4.0: el capitalismo renano en la era de la digitalización*. Madrid: Friedrich-Ebert-Stiftung.
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond*. World Economic Forum.
- SE. (2013). *Industria Automotriz. Monografía*, Dirección General de Industrias pesadas y de alta tecnología. Ciudad de México. Secretaria de Economía.
- SE.(2012). *Programa Estratégico de la Industria Automotriz, 2012-2020*. Ciudad de México. Secretaria de Economía.
- SE. (2016). *Crafting the Future a Roadmap for Industry 4.0 in México*. Ciudad de México: Secretaria de Economía.
- Sieber, S., & Fuentes, I. (22 de noviembre de 2017). *Expansión*. Obtenido de Expansión : <https://expansion.mx/manufactura/especiales/el-exito-de-una-innovacion-tecnologica>
- Torres, A. (2006). *Aprendizaje y Construcción de Capacidades Tecnológicas*. Journal of Technology Management & Innovation.
- Velásquez, G., & Medellín, E. (2005). *Manual de transferencia y adquisición de tecnologías sostenibles*.
- Vera-Cruz, A. O. (2003). *Apertura económica, exportaciones y procesos de aprendizaje. El caso de la Cervecería Cuauhtémoc-Moctezuma*. En *Innovación, aprendizaje y creación de capacidades tecnológicas*. México: Miguel Ángel Porrúa.
- VW. (2020). Obtenido de <https://www.vw.com.mx/es/mas-informacion/informacion-corporativa.html>
- WorldBank. (2018). *Embracing Technology is Key for the Jobs of Tomorrow in Latin America and the Caribbean*. IBRD IDA.
- Yin, R. (2018). *Case Study Research and Applications: Design and Methods*. United Kingdom: SAGE Publications, Inc.
- Zegarra, C., & Pérez, M. (11 de mayo de 2018). *FORBES México*. Obtenido de <https://www.forbes.com.mx/industria-4-0-oportunidades-y-retos-en-mexico/>

## Anexos

### **Guía de entrevista**

**Proyecto:** Estrategias de adopción de tecnologías de la industria 4.0 en el sector automotriz

**Objetivo general:** Analizar las estrategias asociadas a la Industria 4.0 en el sector automotriz y las capacidades tecnológicas que se necesitan para hacer un uso eficiente de estas tecnologías.

*Fecha* \_\_\_\_\_

### **Datos generales de la empresa:**

Nombre:

Año de fundación:

Dirección:

Teléfono:

Correo electrónico:

### **Datos de identificación:**

Nombre del entrevistad@:

Edad:

Puesto:

Antigüedad:

### **Principales tópicos abordados:**

- Adopción de industria 4.0

- Estrategias tecnológicas
- Motivaciones para adopción de tecnologías 4.0
- Capacidades tecnológicas en la empresa

**Definiciones generales:**

**Industria 4.0:** Se define como la transición hacia nuevos sistemas ciber físicos que operan en forma de redes más complejas y que se construyen sobre la infraestructura de la revolución digital anterior. Su particularidad radica en la convivencia de una gran variedad de tecnologías convergentes, que borran los límites entre lo físico, lo digital y lo biológico, generando una fusión entre estos tres planos y ocasionando un verdadero cambio de paradigma

**Estrategias tecnológicas:** La estrategia tecnológica consiste en políticas, planes y procedimientos para adquirir, gestionar y explotar conocimientos, saberes y habilidades, de origen interno y externo, en beneficio de la empresa; además, se deriva de la estrategia empresarial, con la cual debe estar en consonancia.

**Capacidades tecnológicas:** Las capacidades tecnológicas son definidas como la habilidad para hacer un uso efectivo del conocimiento tecnológico para asimilar, usar, adaptar, y cambiar las tecnologías existentes.

**I Sobre la decisión de adoptar tecnologías 4.0**

- a) Abrir con pregunta general. Preguntar al entrevistado sobre la empresa, qué hace y quiénes son los principales clientes.



- b) También solicitar al entrevistado que describa su papel en la empresa y cuánto tiempo ha estado trabajando y qué en este sitio.
- c) Preguntar sobre la Industria 4.0 y su impacto en la empresa, así como su percepción de los costos y beneficios de la adopción.
- d) Consulta sobre el uso / adopción de diferentes tecnologías nuevas: robots, impresión 3D, realidad virtual, big data y aprendizaje automático.

## II Sobre industria 4.0

### **Incorporación de la Robótica**

- a) ¿Cuántos robots se han incorporado en los últimos 5 años?
- b) ¿Qué tipos de robots se han introducido en los últimos 5 años?

### **Incorporación de Inteligencia Artificial (AI), uso de Big data y análisis de grandes datos**

- a) ¿Cómo se recolectaba la información antes de incorporación de I4.0 para la toma de decisiones?
- b) ¿Qué cambios han surgido en la recolección de datos con la I4.0?
- c) ¿Qué relación existe entre la robótica, la IA y el uso de datos para la toma de decisiones?
- d) ¿Desde que se introdujo los robots se está utilizando la información y aplicando técnicas de big data y análisis de grandes datos?
- e) ¿La recolección de datos arrojados por los robots sirve para la toma de decisiones?
- f) ¿Qué capacidades requiero para el uso de estos datos?

### **Impresión 3D**

- a) ¿Cuántos prototipos se han incorporado en la producción en los últimos 5 años?
- b) ¿Para qué se utilizan los prototipos diseñados?

- c) ¿Existe atraso en cuanto a la ausencia de alguna de ellas en el proceso productivo o son independientes una de otra?
- d) ¿Cómo se aprovechan éstas tecnologías en la producción?

### III Estrategias tecnológicas

#### **Plan de acción**

- a) ¿Existe un Plan de acción?
- b) ¿Desde cuándo existe el Plan de acción?
- c) ¿Qué grado de formalidad tiene en Plan de acción?
- d) ¿Qué motivación fue clave para la formalidad del Plan de acción?

#### **Relación con la estrategia empresarial**

- a) ¿Cuáles son los objetivos de la empresa?
- b) ¿Cuáles son los objetivos tecnológicos de la empresa?
- c) ¿Qué relación existe entre los objetivos de la empresa y los objetivos tecnológicos?

#### **Adquisición y adopción de tecnologías**

- a) ¿Qué tipo de tecnologías adoptan?
- b) ¿Por qué adoptarlas?
- c) ¿Cómo adoptarlas?
- d) ¿Cuándo adoptarlas?
- e) ¿Se cuenta con recursos suficientes para adquirir y gestionar las tecnologías?

### IV Motivaciones para la adopción de tecnologías 4.0

#### **Posicionamiento como una empresa de alta tecnología**

### 1) *Ejes estratégicos*

- a) ¿Han cambiado los ejes estratégicos que motivan a adoptar estas tecnologías para mejorar el posicionamiento de la empresa?

### 2) *Enriquecimiento de su patrimonio tecnológico*

- a) ¿Cuántas patentes se generaron en los últimos 5 años?
- b) ¿Cuál es el porcentaje asignado al gasto en I+D como proporción de las ventas?
- c) ¿De qué manera el patrimonio refuerza la ventaja competitiva de la empresa?

### **Diferenciación de productos**

- a) ¿Cantidad de nuevos productos lanzados al mercado en los últimos 5 años?
- b) ¿Qué mejoras se realizaron a los productos ya existentes? (calidad, imagen, nuevas aplicaciones ajenas al costo)

### **Reducción de costos y aumento de producción**

- a) ¿Se ha visto algún cambio en la rentabilidad de la empresa a medida que se introducen nuevas tecnologías?
- b) ¿Cómo ha variado la cantidad de producción ante la incorporación de tecnologías?

## *V Capacidades tecnológicas y aprendizaje*

### **Capacidades acumuladas**

#### 1) **Nivel y tipo de capacidades tecnológicas desarrolladas**

- a) ¿Qué tipo de actividades tecnológicas desarrolla la empresa? (¿mejora en diseño, organización o proceso?)
- b) ¿Cuál es el nivel de capacidad tecnológica en este momento en la empresa?
- c) ¿Cuál es el posicionamiento de acuerdo a la competencia en el mercado? (Líder imitador seguidor o seguidor lento)

d) ¿Qué tan lejos está con respecto al líder?

## **2) Variación de las capacidades ante la Introducción de la Industria 4.0**

- a) ¿La empresa cuenta con recursos, tanto en infraestructura como en capital humano, para incrementar el nivel de capacidades tecnológicas demanda por el mercado ante Industria 4.0 ?
- b) ¿Qué cambios generó la introducción de las tecnologías de la Industria 4.0 en las capacidades tecnológicas?

### **Aprendizaje tecnológico**

- a) ¿Qué tipos de aprendizaje se utilizan en la empresa para adoptar tecnologías de la Industria 4.0 ?
- b) ¿Cómo la empresa adquiere, organiza y utiliza el conocimiento para adoptar tecnología