



Mapa de Ruta del Ecosistema de Innovación iQ4.0

Resumen Ejecutivo

knoware



PODER EJECUTIVO DEL ESTADO DE
QUERÉTARO

SECRETARÍA
DE EDUCACIÓN



Índice de Contenidos

■	<u>Introducción</u>	5
■	<u>Antecedentes</u>	7
■	<u>Tendencias tecnológicas de industria i4.0</u>	11
■	<u>Entorno de industria 4.0</u>	15
■	<u>Querétaro y la Industria 4.0</u>	21
■	<u>Regiones de referencia</u>	27
■	<u>Entorno estratégico</u>	31
■	<u>Mapa de Ruta iQ4.0 (Primera Fase)</u>	37
■	<u>Plan de Acción</u>	41



Introducción

Querétaro es sin duda un ejemplo de desarrollo económico, no sólo para México, lo es para el mundo (OCDE). Ahora, la entidad deberá transitar de una economía basada en la eficiencia a una basada en la innovación y valor agregado. Deberá crear las condiciones para seguir desarrollando, atrayendo y reteniendo el talento para hacer que esta transformación sea posible.

Este documento es una visión colaborativa del futuro en el marco de la cuarta revolución industrial, en donde los actores relevantes de la entidad, de la academia, industria y gobierno, plasmaron una idea de como desean ver a Querétaro en el futuro y, de las acciones que deberán implementarse para materializar esa perspectiva.

Este mapa de ruta debe ser un borrador en construcción permanente, que requiere la colaboración continua de todos.

Este documento es un instrumento que sólo puede probar su valía en el concierto de las acciones colectivas por hacer que el futuro construido sea mucho mejor que el inercial.

En ese sentido, esperamos que esta propuesta sea un punto de partida, que adopte las ideas de quienes quieran sumarse a esta visión de Querétaro como laboratorio vivo de innovación e Industria 4.0, en este agregado de voluntades y acciones, queremos confirmar a la región como un polo de competitividad internacional.



Antecedentes

A dos años de la publicación del mapa de ruta nacional de industria 4.0: “Crafting the Future”¹, el documento ha servido de guía para la implementación de estrategias para la inserción exitosa de México en los paradigmas de la cuarta revolución industrial.

La creación del Consejo Consultivo de Alto Nivel de i4.0 en la Secretaría de Economía y el programa de Centros de Innovación especializados son una muestra del trabajo coordinado del sector público, empresas y academia para completar las metas trazadas en el plan.²

El plan propone concentrar recursos en el desarrollo de capacidades e infraestructura relacionados a temas prioritarios del país. El mapa define mecanismos para la colaboración exitosa de las empresas e instituciones de educación e investigación en torno a necesidades claras del ecosistema empresarial. Como resultado de este programa, la red de Centros de Innovación cuenta ya con 17 centros especializados en diversas entidades del país. El Centro Regional de Productividad e Innovación 4.0 (Ceprodi 4.0) en la Universidad Tecnológica de Querétaro forma parte de esta red.

Respecto a los proyectos estratégicos definidos en el mapa de ruta, en tan solo dos años se dieron logros significativos:

- **Ministerial de Economía Digital.**³ México fue sede de la reunión más importante de la OCDE sobre Economía Digital, en donde participaron más de 30 países. Los ministros promulgaron la Declaración de Cancún de Economía Digital 2016⁴, en donde se definen las directrices y estrategias para aprovechar las ventajas y atender a los retos de la Economía Digital e influir en políticas públicas que determinan el futuro de estas tendencias y de la Economía Digital y sus servicios. La reunión ministerial fue una oportunidad para influir en la visión de la Economía Digital global desde la perspectiva de México y mostrar los resultados de nuestro país en materia digital.

- **Modelo para el desarrollo de Ecosistemas de Innovación.** Con el desarrollo exitoso de varios polos de competitividad en México, diversas organizaciones desarrollaron un modelo para aprovechar las experiencias adquiridas en la detonación de los Clústeres Aeroespaciales de Querétaro y Guaymas; y los proyectos de Ciudad Creativa en Guadalajara y Puebla Capital Mundial de Diseño.

¹ <http://www.promexico.mx/documentos/mapas-de-ruta/industry-4.0-mexico.pdf>

² http://prosoft.economia.gob.mx/industria4.0/Presentacion%20Industria%204.0_Retos%20para%20Mexico.pdf

³ <https://www.oecd.org/sti/ieconomy/Digital-Economy-Ministerial-Declaration-2016-ESP.pdf>

⁴ <https://www.ims.org>

- **Intelligent Manufacturing Systems (IMS)**⁴. México atrajo la presidencia del IMS (Intelligent Manufacturing Systems), entidad internacional reconocida a cargo de la coordinación del Foro Mundial de Manufactura (World Manufacturing Forum). Los principales países de manufactura en el mundo forman parte de IMS y su objetivo es analizar el futuro y las tendencias de los sistemas de producción. Durante su presidencia, México tuvo la oportunidad de exponer los retos de la manufactura desde la perspectiva de un país emergente y definir estrategias para integrar a estos países a las cadenas globales de valor.

- **Modelo de madurez digital y para la innovación.** Con apoyo del Conacyt, se desarrolló un modelo de madurez digital y para la innovación de las empresas: Detect. Este nuevo modelo de madurez se desarrolló con base en el análisis y comparación de otros modelos existentes y su ajuste a las características del país. La evaluación de la madurez digital y para la innovación de las empresas en los sectores estratégicos del país provee información relevante para evaluar las interrelaciones entre la creación de valor, la madurez digital, el empleo y las habilidades de los trabajadores en las empresas.

- **World Manufacturing Forum en México.** Desde la negociación de la presidencia de IMS, el comité organizador definió a Monterrey, NL como la sede de la sexta edición del Foro Mundial de Manufactura. Expertos relevantes de la manufactura mundial presentaron sus perspectivas sobre política pública y mega tendencias para el futuro de la manufactura.

- **Plataforma de gestión de talento.** Se desarrolló una plataforma para conectar la demanda y oferta de talento conforme a una metodología de análisis de grandes datos (Big Data). La plataforma está especializada en nichos de alto valor agregado (ingeniería, industrias creativas y tecnología) y es capaz de analizar perfiles de forma automatizada y encontrar eficientemente a aquellos más cercanos a las necesidades de las empresas y regiones económicas. La plataforma permite el trazado de rutas de valorización personalizadas para que los profesionales encuentren y transiten por las vías que optimicen su desempeño profesional y los salarios asociados.

- **Red de Innovación Abierta.** Un campus de innovación se concentra en la activación de una red de profesionales, instituciones de educación superior, centros de investigación, empresas y gobierno. La red trabaja en objetivos comunes de innovación y desarrollo de talento. Como activador de la red, es necesario desarrollar un nodo que oriente los esfuerzos de innovación hacia retos

⁴<https://www.ims.org>

⁵<http://knoware.biz/detect/>

y proyectos específicos, que catalice la aceleración de capacidades para crear valor a partir del talento e infraestructura regionales: un Campus de Innovación.

- **FabLab.** En la Red de Fab Labs de i4.0, la propuesta se centra en la creación de espacios especializados para empoderar las capacidades del ecosistema de manufactura con un sistema de innovación frugal, relacionado a retos definidos por los ecosistemas de manufactura nacionales y según las tendencias observadas a nivel mundial.

El objetivo general del mapa de ruta de i4.0 “Crafting the Future” es fomentar el desarrollo de un Ecosistema de Industria 4.0 en México, de forma que los diversos actores construyan colectivamente la visión nacional a partir del trabajo de clústeres y la articulación de ecosistemas locales de innovación.

Con esta finalidad, el mapa de ruta propone la creación y desarrollo de polos de competitividad internacional que funcionen a modo de laboratorios vivos. Estos laboratorios regionales deberán probar las estrategias y proyectos, desarrollar modelos replicables para instrumentar una estrategia nacional de i4.0 para México.

Es en este concepto de laboratorio vivo, en el que vemos a Querétaro y de forma extendida a la Alianza Regional Centro Bajío Occidente como el lugar ideal para iniciar en México este proceso de detonación de las estrategias contenidas en el mapa de ruta y replicarlas en el país.

Con el desarrollo del Clúster Aeroespacial, Querétaro demostró su capacidad de articular estrategias nacionales y probar modelos de desarrollo sectorial, que posteriormente se replicaron en otras entidades del país. Las derramas por supuesto beneficiaron al estado y a la región, pero proyectos como la creación de la FEMIA, COMEA, BASA, Wassenaar entre otros, fueron de alcance nacional. Esperamos que así mismo, la implementación de este mapa de ruta provea de un modelo replicable para el desarrollo de ecosistemas de innovación en México y América Latina que aprovechen las ventajas y retos de la Cuarta Revolución Industrial. Querétaro es el laboratorio vivo de industria 4.0 y construcción de futuros de México: iQ4.0.

[illegible]

Tendencias tecnológicas de industria 4.0

El desarrollo de las tecnologías en los últimos 20 años ha conllevado a una revolución, que ha impactado a todos los sectores económicos y sociales del mundo. La adopción y asimilación de herramientas como el Big Data, la inteligencia artificial, la impresión aditiva, o el cómputo en la nube, ha sido más rápida de lo esperado.

La economía digital, la biotecnología y las tecnologías de información se mantendrán como la plataforma de sustento al cambio acelerado de la economía y la sociedad en los próximos años (en tanto la primera y segunda ley de Moore se mantengan e internet siga sumando nodos). En la actualidad podemos observar que el comercio electrónico, el entretenimiento digital y la red 2.0 se encuentran en una etapa de madurez elevada y un alto grado de adopción.

En el futuro próximo se cumplan hitos que tendrán un efecto aun mayor sobre la civilización, pues muchas de las tecnologías que se encuentran ahora en un proceso de penetración alcanzarán una masa crítica. **El entorno exponencial se hará más evidente pues la velocidad del cambio se tornará más veloz.** Los ejemplos sorprendentes de las industrias y sectores mencionados anteriormente son solo la punta del iceberg de la metamorfosis que se avecina.

En los próximos años se prevé que **más de la mitad de la población estará conectada Internet, y desplegarán el equivalente global de un cerebro**, en el que cada persona y equipo representan una neurona conectada - por PCs, teléfonos inteligentes o televisiones - a un sinnúmero de otras “neuronas” y formarán trillones de sinapsis. Es importante notar que cada nodo o neurona conectada aumenta exponencialmente la cantidad de sinapsis e interacciones en la red, y crean una estructura que puede asimilarse a una estructura biológica con vida y lógica propias. Este cerebro global será el sustrato de un sistema cada vez más complejo que conectará personas y trillones de entes físicos y virtuales en una red del todo (Internet of Everything - IoE). Este ambiente de hiper-conectividad brindará la masa crítica necesaria para desarrollar un

⁷ BALBI, Muriel (2017). Las seis tendencias en tecnologías impactarán en 2018. Consultado en internet en la siguiente liga: <https://www.infobae.com/tendencias/innovacion/2017/12/17/las-6-tendencias-en-tecnologias-que-impactaran-en-2018/>

modelo avanzado de ambientes colaborativos que alcanzarán próximamente un alto grado de adopción.

En el mediano plazo, la relación sinérgica entre la Inteligencia Artificial y el cómputo de nueva generación crearán las condiciones para desarrollar plataformas capaces de competir con algunas funciones intelectuales que se asocian exclusivamente a los seres humanos. Algunos analistas prevén que **el impacto de estas nuevas tecnologías en México pueda desplazar hasta 8.8 millones de trabajadores para el 2030**, es por ello necesario analizar a profundidad las alternativas estratégicas para el país como medio para estudiar, y en su caso mitigar las posibles consecuencias catastróficas de estos escenarios.

En la literatura relacionada a Industria 4.0 una empresa pueden encontrar diversas perspectivas sobre cuáles son las tecnologías clave para el desarrollo de capacidades, la conclusión general es que las iniciativas relacionadas a la Industria 4.0 tendrán un impacto significativo en los ecosistemas de innovación, en especial los relacionados a los sistemas de producción. De acuerdo con esto, la creciente diferenciación de los requerimientos de los clientes y el aumento en la individualización de productos ocasionará un aumento continuo en la complejidad tecnológica. BCG define nueve pilares para el avance de la industria 4.0: Análisis de datos masivos (Big Data) y análisis avanzado de datos, robots autónomos, simulación, integración horizontal y vertical, el Internet de las Cosas Industrial (IIoT), ciberseguridad, cómputo en la nube (Cloud), manufactura aditiva y realidad aumentada.

Las empresas de manufactura modernas usan muchas de estas tecnologías, pero con su integración en el concepto de industria 4.0 transformarán los sistemas de producción completamente. **Celdas optimizadas de forma aislada se coordinarán para formar un flujo de producción completamente automatizado e integrado**; esta nueva estructura productiva cambiará sustancialmente las relaciones con los proveedores, productores y clientes; así como entre hombres y máquinas.

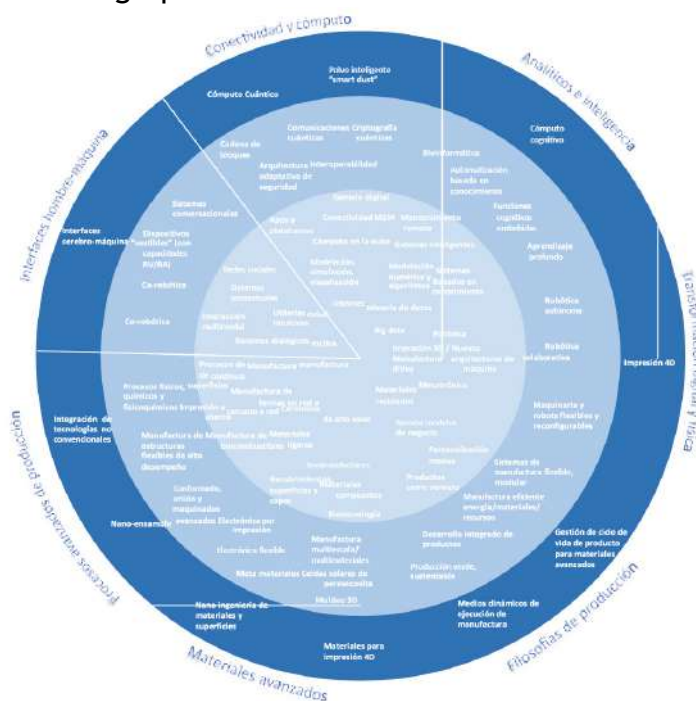
Las tecnologías para el futuro de la manufactura se pueden agrupar en siete categorías: nano ingeniería de materiales y superficies, manufactura aditiva y de precisión, robótica y automatización adaptativa, electrónica de nueva

generación, manufactura continua de farmacéuticos y biomanufactura, diseño y gestión de cadenas de suministro distribuidas, manufactura verde y sustentable.

Es esencial que las empresas identifiquen aquellas tecnologías que afectarán su modelo de negocios y definir su grado de madurez para la adopción y desarrollo en estos ambientes nuevos.

De acuerdo con el reporte *Technology and Innovation for the Future of Production Accelerating Value Creation*, elaborado por el *World Economic Forum* (WEF), las tecnologías derivadas de I4.0 han modificado de forma significativa los procesos de producción. Estas tecnologías han obligado a que empresas replanten todo lo que hacen de forma interna. Los gobiernos deberán preparar sus ventajas competitivas y desarrollar nuevas políticas y estrategias. En este aspecto, al ser cada vez más complejos los avances tecnológicos, se requiere de la participación de los diversos actores de la triple-hélice.

El Foro Económico Mundial (WEF) los clasifica las tecnologías relacionadas a i4.0 en siete grupos distintos



Radar de producción tecnológica WEF

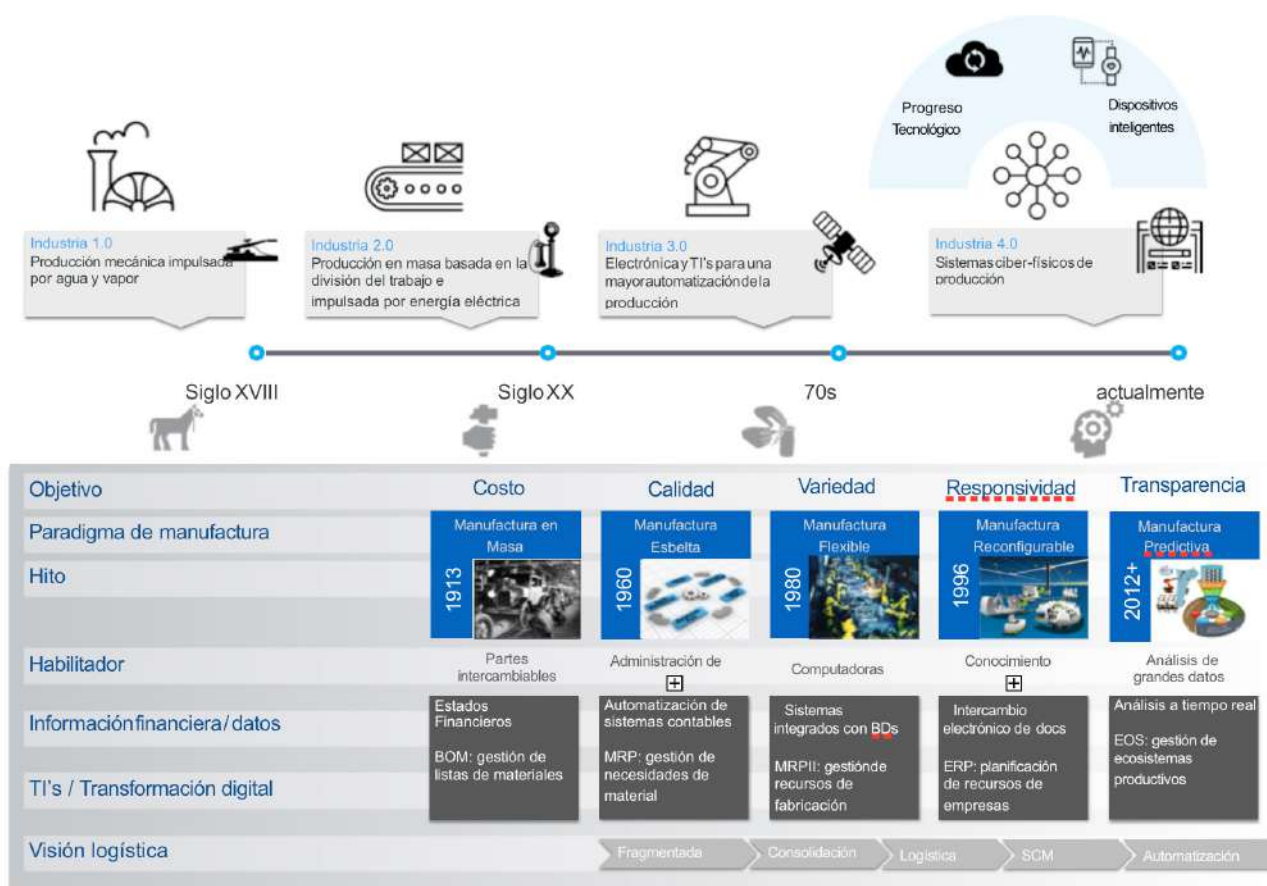
⁸ WEF (2017). *Technology and Innovation for the Future of Production Accelerating Value Creation*. Consultado en internet en la siguiente liga: http://www3.weforum.org/docs/WEF_White_Paper_Technology_Innovation_Future_of_Production_2017.pdf



Entorno de Industria 4.0

Las cuatro revoluciones industriales se encuentran asociadas a una transformación de los paradigmas de manufactura provocados por el cambio tecnológico, así como en los modelos de producción y gestión.

Las primeras tres revoluciones industriales llegaron como resultado de la mecanización, la electricidad y las tecnologías de información; la introducción del Internet de las Cosas y la inteligencia artificial en el medio ambiente de manufactura son los que empoderan a la cuarta revolución industrial.



En la transición de la segunda y tercera revoluciones industriales, los modelos de producción introducidos por expertos de los Estados Unidos en Japón transformaron el paradigma hacia un concepto de manufactura esbelta. Este modelo centrado en la calidad logró su objetivo primario con la incorporación de un sistema de administración de operaciones y de la calidad. En esta etapa inicial el proceso de automatización de los sistemas contables y la introducción de las plataformas para la gestión de necesidades de materiales (MRP) permitieron consolidar los diversos aspectos logísticos en una plataforma común.

En la tercera revolución industrial y para lograr mayor variedad, la manufactura flexible se convirtió en el paradigma de manufactura. Las computadoras y los sistemas programables flexibles soportaron esta etapa.

En esta fase se maximiza el uso de sistemas integrados de bases de datos para la gestión de recursos de fabricación y es el momento en que evoluciona el concepto integral de logística.

La transición de la tercera a la cuarta revolución industrial se encuentra marcada con la habilitación de los sistemas de manufactura para hacerlos más responsivos a las necesidades de producción. Esta transformación permitió transitar al paradigma de manufactura reconfigurable, en el que líneas de producción completas se pueden ajustar de forma efectiva a nuevos ciclos de producción y productos diversos. El principal habilitador de este paradigma es el conocimiento científico aplicado y el uso de sistemas de información avanzados para la planificación de recursos en las empresas. Esta etapa está también relacionada a la evolución del modelo logístico a uno que contempla de forma ampliada a la cadena de suministro (SCM).

En el futuro, **los negocios establecerán redes globales que incorporarán a manera de nodos a su maquinaria, sistemas de almacenamiento y plantas de producción en la forma de sistemas ciber- físicos (Cyber-Physical Systems - CPS).** La industria 4.0 enfatiza la idea de un proceso progresivo de digitalización y la conexión de todas las unidades productivas en una economía.

El objetivo principal de este paradigma de manufactura predictiva es la transparencia, de forma que los ecosistemas de manufactura se puedan ajustar a tiempo real a las necesidades personalizadas de clientes y usuarios cambiantes. **Esta personalización masiva es posible gracias a la aplicación de nuevas**

herramientas de inteligencia artificial y herramientas de análisis de grandes datos a esta red interconectada de sistemas ciber-físicos.

Desde la perspectiva de sistemas de información, **la optimización aislada de los recursos de empresas a través de las plataformas ERP deberá ampliarse para desarrollar plataformas de gestión de ecosistemas empresariales.** En ese sentido, la visión logística de cadena de suministro evolucionará a una que pueda analizar a tiempo real las interrelaciones globales de este ecosistema: una red de valor analizada y coordinada a tiempo real.

Con esta visión del entorno de i4.0., el grupo de trabajo alemán de Industria 4.0 desarrolló un conjunto de recomendaciones para enfocar los esfuerzos de investigación en tres temas estratégicos⁷:

- Integración horizontal a través de redes de valor
- Integración digital de la ingeniería de extremo a extremo en cadena de valor completa
- Integración vertical y sistemas de manufactura integrados

Por lo tanto, Industria 4.0 es un término colectivo para tecnologías y conceptos de organización de la cadena de valor⁸.

Es importante resaltar que en esta nueva visión de los sistemas de producción no existe una receta que pueda aplicarse universalmente a todos los ecosistemas productivos, cada región deberá evolucionar para maximizar el valor creado e insertarse de una forma particular a las redes globales de valor. México debe desarrollar una estrategia particular y usar los conceptos de i4.0 provenientes de Alemania y otros países como guía y recomendaciones, pero su aproximación debe ser a la medida.

El concepto de industria 4.0 trae consigo numerosos retos desde las perspectivas de negocio, estrategia, tecnología y talento. Las empresas esperan que la Industria 4.0 impacte favorablemente a sus ingresos, costos y eficiencia. Los ingresos adicionales provendrán de la digitalización de los productos y servicios existentes; nuevos productos digi-

⁷ Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group. Deutsche Akademie der Technikwissenschaften. 2013

⁸ Hermasnn, Mario; Pentek, Tobias; Otto, Boris. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. 2015

tales, servicios y soluciones; oferta de servicios de análisis de grandes datos; productos personalizados y personalización en masa; nuevos negocios a partir del conocimiento del cliente proveniente del análisis de datos; así como del incremento de la participación en el mercado de sus productos base.

Las metodologías avanzadas de análisis de datos para el mantenimiento predictivo, el control de calidad y la optimización de procesos en tiempo real reducirán los costos y crearán una mayor eficiencia. Los conceptos de fabricación flexible y personalizada requerirán un cambio profundo en el modelo de producción. Estas estrategias facilitarán la integración de múltiples empresas en un ecosistema productivo coordinado con el uso de sensores y sistemas de ejecución de fabricación (MES) que permiten planificar la producción en tiempo real y optimizar el uso de maquinaria y el tiempo de producción global.





Querétaro y la Industria 4.0

Las capacidades del talento y la infraestructura disponible para la creación de valor en una región son las bases para construir un mapa de ruta para la innovación. En esta sección, se analizan las habilidades para la innovación en Querétaro con respecto a las tecnologías relacionadas con i4.0.

La agenda estatal de innovación del estado de Querétaro define las siguientes áreas potenciales de especialización: Biotecnología, Automotriz, TIC, Alimentario, Química, Salud, Manufactura, Electrodomésticos y Aeroespacial.

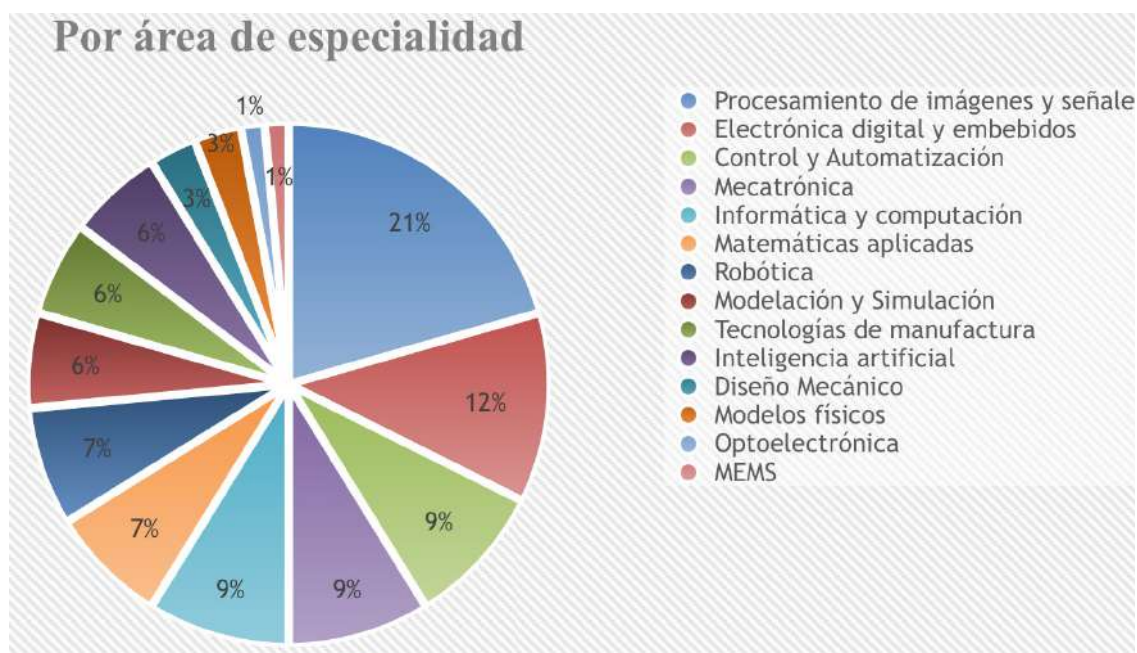
Por número de investigadores del Sistema Nacional de Investigadores dedicados a temas relacionados a Industria 4.0, casi el 80% se concentran en 3 instituciones: Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), CIDESI y CICATA.



³⁵ Organización Mundial de la Salud. WHO 2017

Por disciplina y área de especialización, las principales temáticas son las siguientes:

Fuente: Conacyt



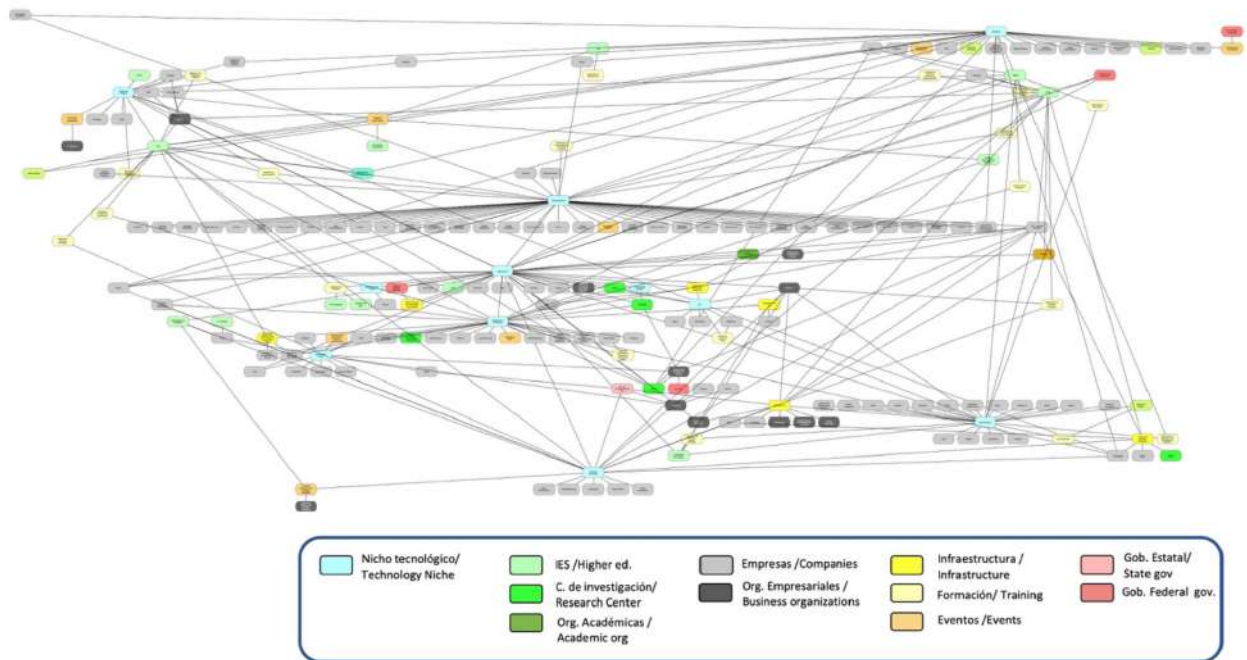
Respecto al equipamiento de las instituciones que declaran capacidades para el desarrollo de proyectos de i4.0, las empresas, instituciones de educación e investigación en el estado disponen de diversos laboratorios e infraestructura dedicada.

A partir del inventario de los investigadores miembros del SNI en Querétaro y de las tendencias tecnológicas, es posible hacer una búsqueda para identificar a las organizaciones y actividades relacionadas al ecosistema de innovación del estado en temas de i4.0. El grafo muestra los resultados de este análisis e incluye las principales organizaciones, instituciones de educación e investigación, eventos, laboratorios, empresas, temas de educación y capacitación relacionados a i4.0.

Gráfica / Graph

Grafo del Ecosistema de Innovación i4.0 del Estado de Querétaro- AIO / Graph of the Innovation Ecosystem i4.0 of the State of Querétaro

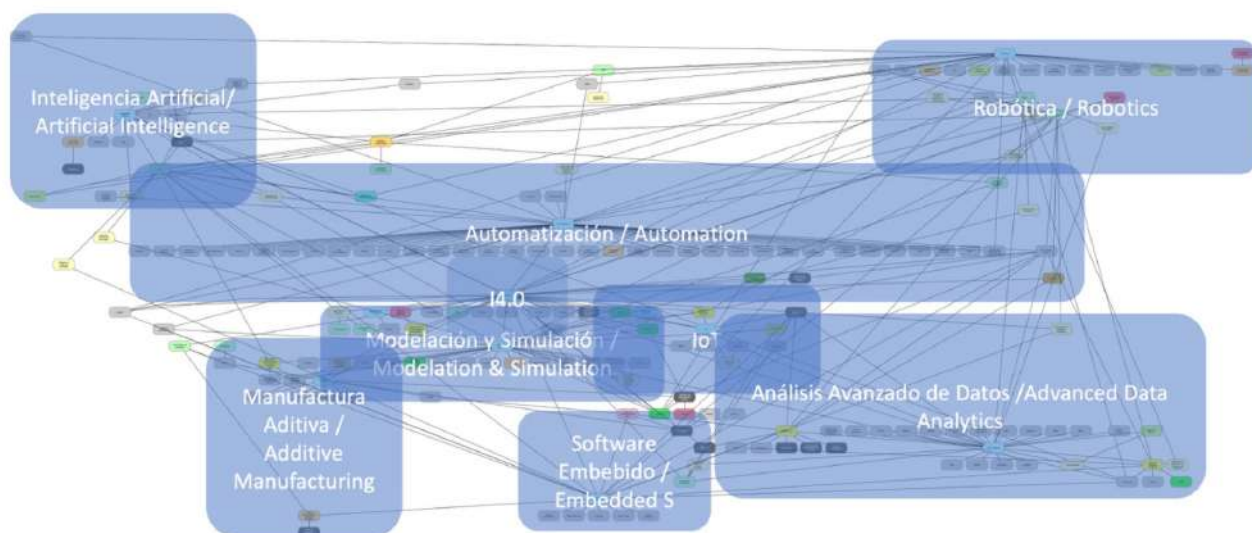
Fuente/Source: Knoware



La estructura de relaciones entre estas organizaciones, actividades e infraestructura definen un grafo en el que es posible hacer un análisis de las jerarquías para identificar las áreas temáticas que concentran los esfuerzos en el ecosistema, los nodos articuladores y las dependencias formales e informales. Esto nos permite tener una primera aproximación de las interacciones del ecosistema y definir áreas de innovación objetivo.

Grafo del Ecosistema de Innovación i4.0 del Estado de Querétaro mostrando áreas de Innovación
Objetivo - AIO

Fuente: Elaboración propia Knoware



En la gráfica se puede observar que temas como “Automatización” atraen e interés especialmente de las empresas y que industria 4.0 es todavía un tema del ámbito académico.

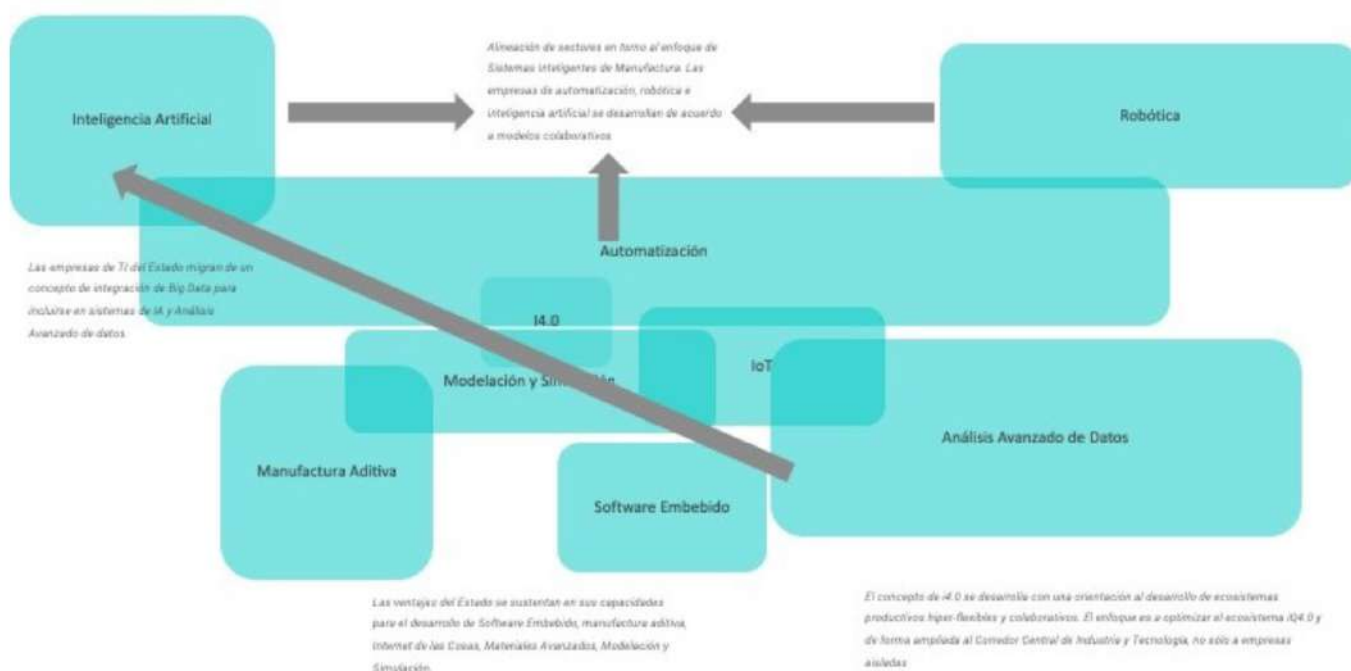
Si bien las temáticas de inteligencia artificial y robótica se encuentran relativamente inconexas en Querétaro, son los temas que jerárquicamente guían a ecosistema y el modelo de relaciones le asigna un gran peso. El nicho de automatización funciona como un articulador y conector temático, sobre todo entre IA y Robótica y hacia otros ámbitos de especialización como IoT e Industria 4.0.

Para este ecosistema, las temáticas de modelación y simulación, manufactura aditiva y software embebido se encuentran relativamente dependientes en el modelo jerárquico; esta posición los define como temas en proceso de maduración. El análisis avanzado de Datos es un área que en términos relativos se encuentra aislada y sorprendentemente lejana a la Inteligencia Artificial.

Este análisis nos define algunas ideas generales de estrategia:

- Coordinar los esfuerzos de Inteligencia Artificial y Robótica con mayor participación de actores del área de automatización. Esto deberá funcionar como un puente articulador orientado al desarrollo de capacidades de sistemas inteligentes de automatización flexible.
- Las capacidades e interés de la región por temáticas relacionadas a modelación y simulación pueden ayudar al desarrollo de áreas como la manufactura aditiva y el software embebido.
- En necesario crear las condiciones para que las empresas y organizaciones de TI dedicadas al Análisis de grandes volúmenes de datos (Big Data) y las empresas de Inteligencia Artificial tengan mayores espacios de diálogo y coordinación de forma que se entiendan parte del mismo nicho.

Fuente: Elaboración propia Knoware





Regiones de referencia

Es necesario definir un marco de referencia para Querétaro que permita aprovechar sus ventajas competitivas y comparativas. Los modelos de Industria 4.0 no se pueden ni deben replicar sin un análisis de las condiciones de los ecosistemas productivos y de innovación regional, de no crear un modelo especial para Querétaro, nos limitaremos a integrar tecnologías y metodologías del extranjero y desaprovecharemos la gran ventaja de entrar a un nuevo paradigma en el que todos los actores están aprendiendo y por lo tanto las oportunidades están abiertas para todos.

Desde el primer mapa de ruta de i4.0 para México fue de especial interés dividir a las regiones según su capacidad para diseñar y producir bienes de capital y aquellas economías y regiones que funcionan como integradores tecnológicos de Manufactura por contrato. Los retos de ambos tipos de economías deberán definir estrategias particulares que maximicen sus beneficios. De esta forma es necesario tomar con cautela las estrategias desarrolladas para países como Alemania, Japón o los Estados Unidos y no intentar traducirlas directamente a las acciones necesarias para Querétaro y México.

Se hizo un análisis comparativo a nivel ciudad para ayudar en la definición de una estrategia para Querétaro. El análisis compara a economías que comparten una población similar a la de Querétaro y una situación económica de referencia, pero alcanzable.

³⁵ Organización Mundial de la Salud. WHO 2017

Gráfica Ciudades de Referencia para Querétaro

Fuente: Elaboración propia Knoware con datos de OCDE

Ciudades de referencia Querétaro

Ciudades con Población +/-20% la de Querétaro

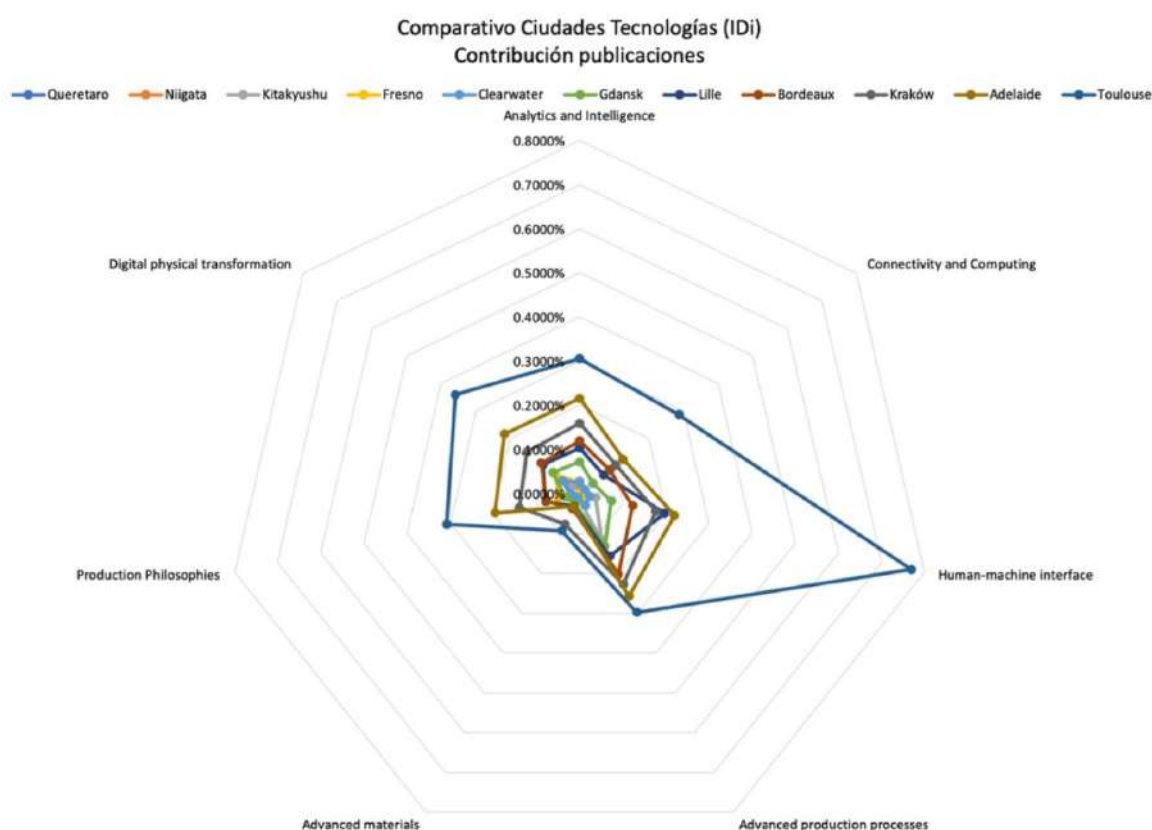


El primer grupo está formado por las ciudades de Tucson, Sevilla, Niigata y Kitakyushu, con una población y una economía prácticamente igual a Querétaro. Las ciudades de Fresno y Clearwater en los Estados Unidos, Leeds en el Reino Unido, Lille y Burdeos en Francia, Gdansk y Cracovia en Polonia son una referencia estratégica para Querétaro. Las ciudades polacas de Gdansk y Cracovia son de particular interés, ya que han mantenido una dinámica de crecimiento acelerado y tienen características análogas a las condiciones del estado.

Las ciudades de Toulouse en Francia y Adelaide en Australia son una referencia aspiracional para Querétaro; con la misma población, ambas ciudades tienen una economía más del doble del tamaño de Querétaro. Es esencial considerar los paralelismos entre Toulouse y Querétaro, especialmente los relacionados con el sector aeroespacial.

Desde la perspectiva de la investigación, el desarrollo y la innovación es importante tener en cuenta que la producción científica de Querétaro en temas relacionados con i4.0 aún es incipiente si la comparamos con estas ciudades de referencia.

Gráfica Producción científica en temas de i4.0 - Querétaro y Ciudades de referencia
Scientific production in i4.0 related themes - Queretaro and reference Cities



Es necesario observar que las ciudades con mayor éxito económico además del trabajo en los temas de transformación digital tienen una clara especialización en otras áreas que los diferencian: Toulouse en interfaces hombre-máquina, Gdansk y Kitakyushu en Procesos avanzados de producción. Será relevante explorar un enfoque que le permita a Querétaro diferenciarse de las ciudades de referencia y aportar al ecosistema global de innovación.



Entorno estratégico

Este documento coordina a los principales interesados del estado para acelerar el proceso de integración de Querétaro a las redes internacionales de innovación en i4.0. Al mismo tiempo, el mapa de ruta es un escaparate para la atracción de socios estratégicos e inversión al estado; también es una conexión para posicionar estos temas en los niveles nacional e internacional y definir desde una perspectiva regional como deberán ser los procesos productivos del futuro.

Con la llegada de múltiples empresas de tecnología a Querétaro, el Estado se confirma como una de las regiones más importantes de Latinoamérica para i4.0. Esta coyuntura se aprovechará para desarrollar al estado como un polo de competitividad integral, centrado en un Ecosistema de Innovación 4.0 del la *Alianza Centro Bajío Occidente* impulsado por los gobiernos regionales, las empresas y las instituciones de educación superior e investigación del estado.

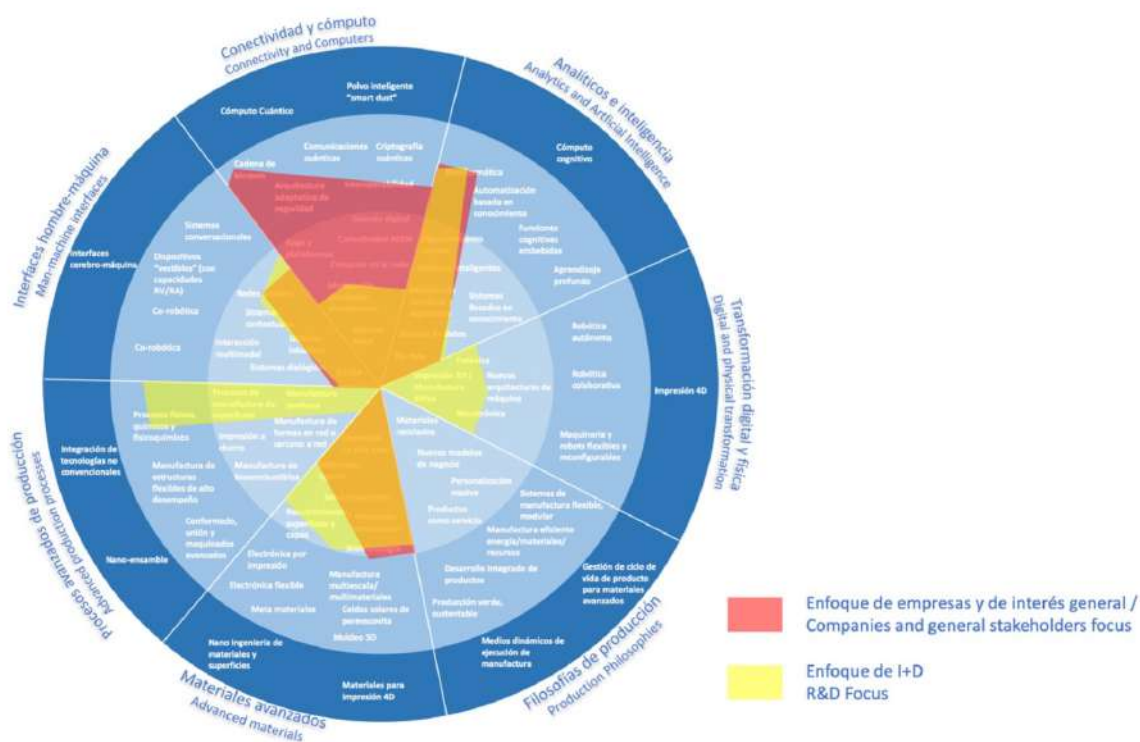
En este polo de competitividad, el talento que reside en la región creará soluciones para el mundo y conformará comunidades que se integren a un desarrollo urbano sustentable, articulado como un sistema policéntrico entre las diversas ciudades y regiones del Bajío y el centro-occidente del país.

El Ecosistema de Innovación utilizará una metodología para la identificación dinámica de Áreas de Innovación Objetivo (AIO) y el trazado de las estrategias asociadas (Mapas de Ruta), que definan las acciones en los campos de innovación, industria y talento. Esto permitirá la concentración de los esfuerzos del Ecosistema de Innovación del la *Alianza Centro Bajío Occidente* en aquellas áreas con mayor “contenido de futuro” y de mayor capacidad para atraer inversión, aliados estratégicos y personas interesadas en su desarrollo (stakeholders), al tiempo que impulsa formas de colaboración interdisciplinarias. De allí la importancia de participar e integrarse a eventos en donde se discuten estas directrices como Hannover y el World Manufacturing Forum - WMF.

Con la definición de estos mapas de ruta y la coordinación con aliados estratégicos para impulsarlos, se desarrollarán plataformas para la identificación de retos -y posibles soluciones- que serán la materia central para el desarrollo de una red de Campus de Innovación. La cartera de retos y soluciones creará un espacio de innovación abierta, bajo un modelo de colaboración en red, que articulará la infraestructura de innovación del estado y su ecosistema productivo.

La definición de la Áreas de Innovación Objetivo parte del análisis del inventario de capacidades y de las áreas de concentración de las organizaciones del ecosistema y la producción de IDi relacionada a estos temas.

Basado en un análisis temático de las áreas de interés del ecosistema de Querétaro, definido a partir del Radar Tecnológico del WEF para Sistemas de Producción Futuros, el ecosistema se centra en los siguientes temas:



El radar de tecnologías muestra los temas que tienen un alto grado de adopción en el centro y los problemas emergentes en la periferia.

De esta manera, se construye un mapa de campos de enfoque para definir cómo se concentra el interés temático del ecosistema en tecnologías relacionadas a i4.0. En rojo, el gráfico muestra los principales temas en los que se enfocan los actores del estado (analizados en Internet y redes sociales) y en amarillo las áreas de concentración de investigación y desarrollo (por el número de publicaciones).

Con respecto a la computación, las partes interesadas generales en el estado se centran en la cadena de bloques, la interoperabilidad, las aplicaciones y las plataformas. En el campo de la analítica y la inteligencia, los temas de Big Data, minería de datos, sistemas inteligentes y bioinformática son los que atraen el mayor interés.

Un área poco analizada sobre i4.0, y que es de gran interés para el estado, son los materiales avanzados, enfocados en los nichos de cerámica avanzada y biotecnología.

Es posible notar que las áreas de procesos de producción avanzados, filosofías de producción y transformación digital y física no reciben un interés proporcional a las necesidades de un estado como Querétaro.

Por otro lado, se puede observar que las áreas de enfoque de la I+D son más “prudentes” que los temas de interés general y se centran en los nichos de mayor madurez tecnológica.

Al hacer una comparación de las áreas de interés general con las áreas de investigación y desarrollo, es importante tener en cuenta que hay discrepancias que deben abordarse en el diseño estratégico:

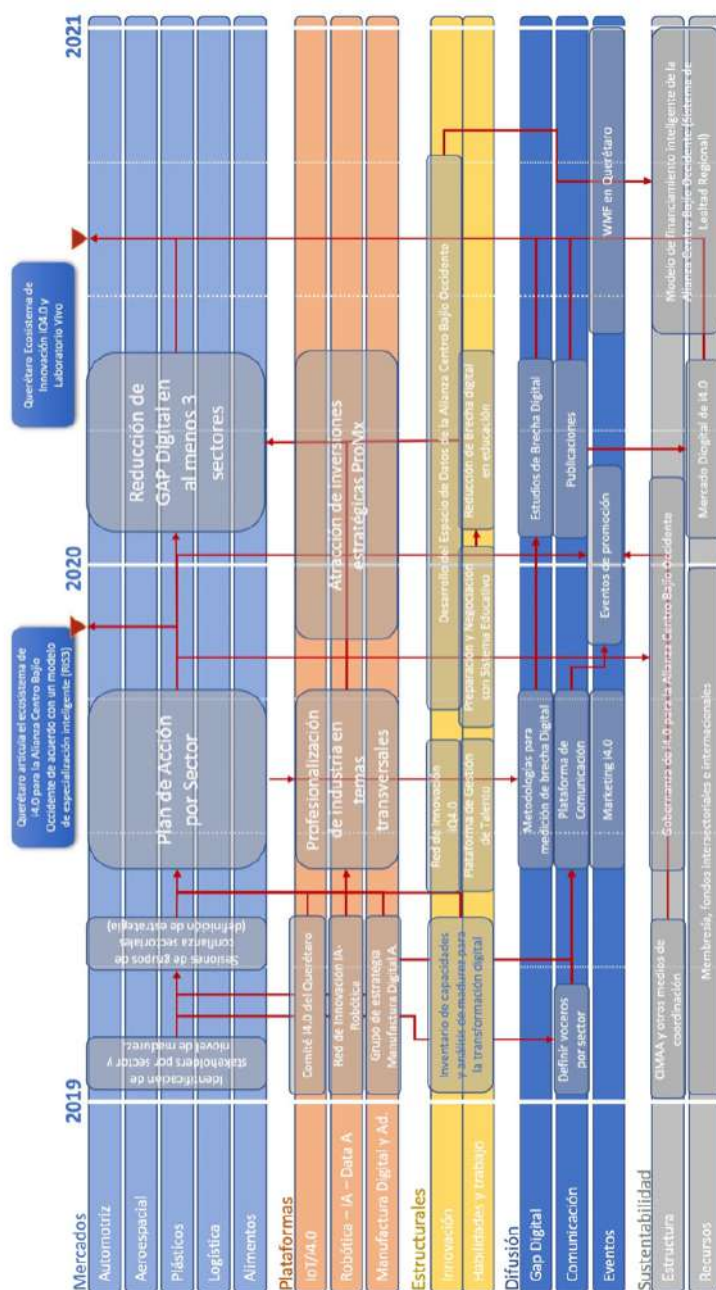
- Es necesario que los grupos de I + D de procesos de producción avanzados, materiales avanzados y transformación digital en los temas de fotónica y mecatrónica se integren más profundamente en el diálogo y el diseño estratégico de i4.0.
- El gran interés en la conectividad y los problemas de computación debe detonar capacidades de I&D equivalentes en el estado a

través de un modelo de innovación basado en desafíos.

- Es esencial aprovechar la convergencia de intereses y capacidades de la I + D y el trabajo de las empresas en el área de análisis e inteligencia artificial.
- Es necesario enfatizar la importancia de abordar los problemas relacionados con las filosofías de producción, los procesos de producción avanzados y la transformación digital y física; para el desarrollo de capacidades de producción como en la detonación de áreas relacionadas de I + D.
- Existe una excelente alineación entre el interés de la industria y el enfoque de las Instituciones de Educación Superior e Investigación del Estado en las Áreas de Análisis e Inteligencia, Interfaces Hombre-Máquina y Materiales Avanzados. Estos son nichos de innovación en los que se deben profundizar los mecanismos de coordinación Industria-Academia.
- Existe un desarrollo significativo por parte de las Instituciones de Educación Superior e Investigación en Procesos Avanzados de Producción y Transformación Digital y Física, pero la industria no las está aprovechando, en estas áreas es necesario un plan de promoción.
- Existe un interés por parte de la industria en temas de conectividad y computación, pero las Instituciones de Educación Superior e Investigación trabajan en estos temas solo de manera incipiente.
- En todos los casos, los mecanismos de transferencia de tecnología deben fortalecerse y crearse interfaces que faciliten la coordinación de proyectos interinstitucionales (desarrollo de redes).



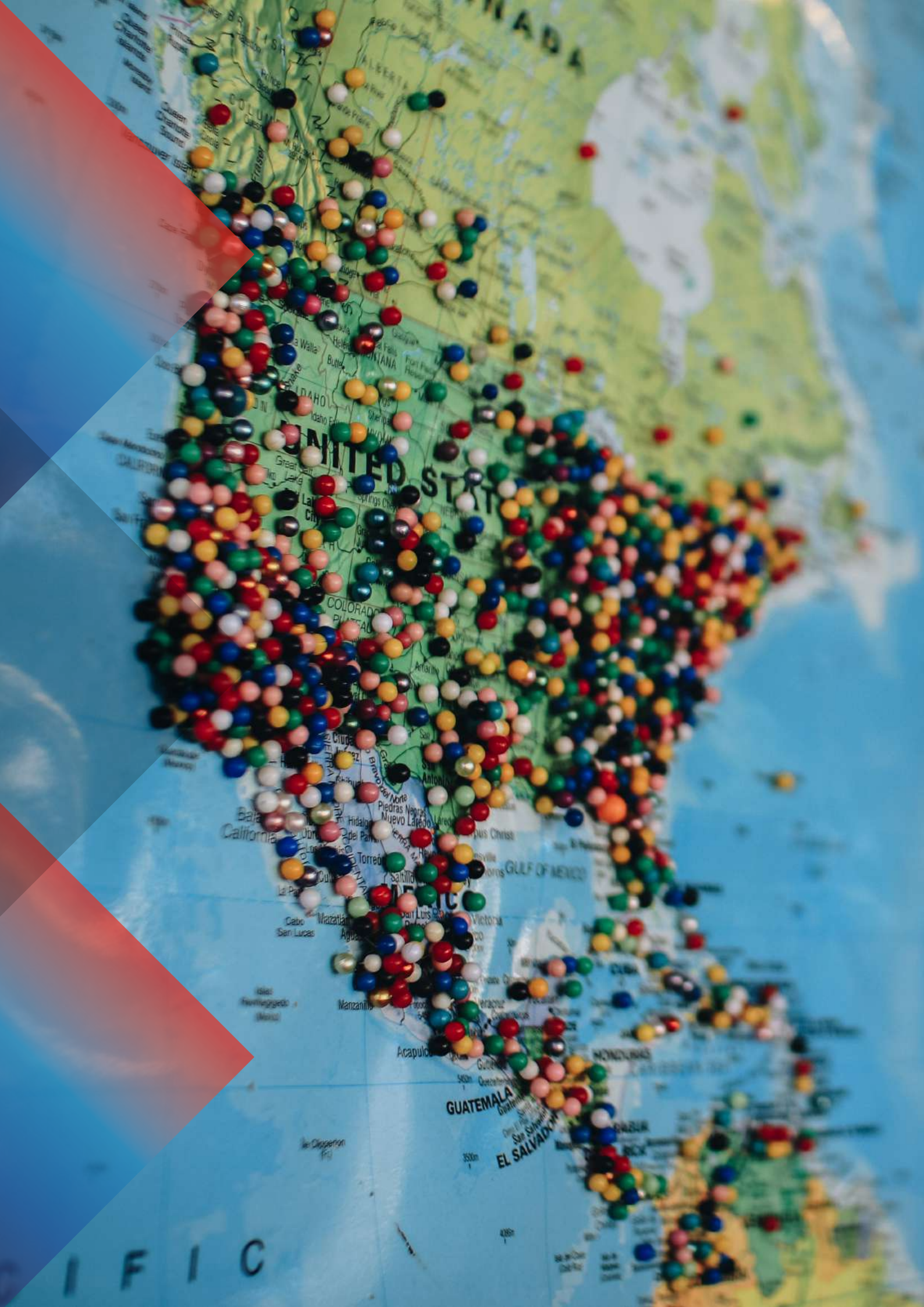

```
language_attributes();  
<?php bloginfo( 'charset' );  
<?php wp_title( '|', true, 'right' );  
rel="profile" content="width=device-width" <?php  
rel="pingback" href="http://gmpg.org/xfn/11" <?php  
fruitful_get_favicon();  
wp_head(); <?php echo  
<?php body_class(); >  
div id="page-header" class="hfeed site">  
<?php  
$theme_options = fruitful_get_theme_options();  
$logo_pos = $menu_pos = '';  
if (isset($theme_options['logo_position']))  
$logo_pos = esc_attr($theme_options['logo_position']);  
if (isset($theme_options['menu_position']))  
$menu_pos = esc_attr($theme_options['menu_position']);  
if (isset($theme_options['logo_class']))  
$logo_pos_class = fruitful_get_theme_option('logo_class');  
if (isset($theme_options['menu_class']))  
$menu_pos_class = fruitful_get_theme_option('menu_class');  
if (isset($theme_options['menu_type']))  
$menu_type = fruitful_get_theme_option('menu_type');
```

El mapa de ruta se organizó en 5 áreas de planeación, en una primera fase el mapa define acciones de coordinación y exploración a profundidad de las Áreas de Innovación Objetivo:

1. **Mercados.** En este apartado se definen los sectores estratégicos sobre los cuáles se va a intervenir en primera instancia: automotriz, aeroespacial, plásticos, logística y alimentos. El sector TI y de Economía Digital se define como un sector transversal (plataforma) articulador de la estrategia de i4.0 y transformación digital.
2. **Plataformas.** Aquí se definen las plataformas habilitadoras de i4.0 y transformación digital, en especial las definidas como áreas de innovación objetivo y mecanismos de alineación.
3. **Estructurales.** Se definen como elementos estructurales del mapa a la innovación, la formación de habilidades y el trabajo.
4. **Difusión.** En el apartado de difusión se definen las estrategias para medir la brecha digital, comunicar los resultados del mapa y los eventos asociados al desarrollo del ecosistema de i4.0.
5. **Sustentabilidad.** Aquí se define la estructura de soporte para la implementación del mapa de ruta y los medios financieros para darle sustentabilidad.





Plan de Acción

Transformación digital de sectores estratégicos del estado.

El objetivo de la implementación del mapa es estimular el mercado vinculando la demanda de los diversos sectores económicos con la oferta de productos y servicios de tecnologías, en especial las tecnologías digitales de calidad en Querétaro.

- Aumentar el valor agregado de las exportaciones de productos y servicios del Estado de Querétaro al adoptar tecnologías digitales y las asociadas a la i4.0 como habilitadores integrales.
- Aprovechar las capacidades de articulación y liderazgo de las cámaras y clústeres para desarrollar las capacidades de integración de las empresas de los sectores industriales a los mercados digitales y relacionados a la Industria 4.0.
- Integrar las capacidades de I+D+i de los Centros de Investigación e Instituciones de Educación del Estado para crear valor en los ecosistemas productivos y empresas de Querétaro.
- Desarrollar la industria de tecnologías exponenciales en el estado como uno de los principales potenciadores de la productividad.
- Disminuir la brecha tecnológica entre el ecosistema de Pymes de Querétaro y las empresas modernas de clase mundial.
- Desarrollar estrategias intersectoriales de TI, tecnologías digitales y los sectores estratégicos del estado
- Incrementar la adopción especializada de tecnologías digitales y exponenciales en sectores estratégicos de Querétaro
 - Incrementar la cultura de uso de TI empresarial
 - Fortalecer el valor de las cadenas productivas al digitalizarlas
 - Fortalecer la confianza en el comercio electrónico
 - Desarrollar contenidos y servicios para el mercado hispanoparlante y los mercados asociados a los corredores tecnológicos e industriales que confluyen en Querétaro.
- Desarrollar alternativas de productos y servicios de tecnologías digitales innovadoras con enfoque sectorial y regional
- Desarrollar oportunidades en nichos de alto valor agregado de tecnologías digitales y exponenciales

Objetivos Inmediatos

- Mapear la cadena de valor de sectores estratégicos piloto e identificar oportunidades para el sector de tecnologías del estado, en especial de TI
- Analizar el nivel de madurez para la innovación, transformación digital e internacionalización de empresas del estado
- Identificar nichos estratégicos y trazar mapas de ruta individualizados de empresas
- Definir estrategias de beneficios extendidos con base en el análisis de brechas y necesidades de los sectores analizados
- Desarrollar oportunidades en nichos de alto valor agregado de Tecnologías
- Desarrollar encuentros inter-sectoriales para atender retos y oportunidades identificadas.
- Desarrollar un plan de acción piloto por sector estratégico para incrementar la adopción especializada de Tecnologías digitales y exponenciales en sectores estratégicos
- Promover la colaboración de PYMES con empresas grandes en proyectos conjuntos
- Promover la adopción y generación de normas y modelos que eleven la calidad y productividad de las empresas de Tecnología

Los resultados esperados de esta línea en su primer año serán:

- 300 empresas atendidas
- Listado priorizado de sectores y nichos de interés
- 75 mapas de ruta de empresas
- 3 agendas sectoriales de desarrollo de capacidades
- 3 grupos de confianza (Think&Do Tanks) con al menos 5 expertos cada uno
- 10 oportunidades de negocio identificadas con valor de mercado de al menos \$10 Millones de USD indentar
- Negocios ejecutados o prospectados por \$5 Millones de USD