

Planes y programas públicos para el fomento de la Industria 4.0 en México, las experiencias de Guanajuato y Nuevo León

Public plans and programs for the promotion of Industry 4.0 in Mexico, the experiences of Guanajuato and Nuevo León

Marcela Amaro Rosales*, Ángeles Ortiz-Espinoza**

Artículo recibido: 15-10-23

Artículo aprobado: 14-11-23

Palabras clave:

planes, programas públicos, Industria 4.0, México, nivel federal y estatal.

Keywords:

plans, public programs, Industry 4.0, Mexico, federal and state levels.

Cómo citar este artículo

Amaro Rosales, M. y Ortiz-Espinoza, A. (2023). Planes y programas públicos para el fomento de la Industria 4.0 en México, las experiencias de Guanajuato y Nuevo León. *Entretextos*, 15(39), 1-17. <https://doi.org/10.59057/iberoleon.20075316.202339675>.

Resumen

Este artículo tiene por objetivo identificar y analizar los planes y programas públicos a nivel federal y estatal enfocados en el fomento de la Industria 4.0 en México. De manera particular, se presentan los casos de Guanajuato y Nuevo León, quienes han desplegado una serie de acciones e instrumentos para el impulso de dicha industria. Por tal motivo, las preguntas de investigación son las siguientes: ¿qué planes y programas de política a nivel federal se han implementado en México para fomentar la Industria 4.0? ¿Qué características tienen las políticas públicas que en Nuevo León y Guanajuato se han desplegado para la Industria 4.0? ¿Cuáles son los instrumentos mínimos que pueden apuntar hacia la construcción de una política pública para la Industria 4.0 dado el contexto mexicano? La metodología del artículo está basada en técnicas cualitativas que incluyen la revisión de planes y programas a nivel federal y estatal, lo que permitió identificar aquellos

* Instituto de Investigaciones Sociales de la Universidad Nacional Autónoma de México. Autora para correspondencia. Correo electrónico: marcela.amaro@sociales.unam.mx.

** Unidad Académica en Estudios del Desarrollo de la Universidad Autónoma de Zacatecas.

dirigidos a la Industria 4.0. La segunda parte de la metodología se basa en una búsqueda bibliométrica en la base de datos SCOPUS sobre políticas públicas e Industria 4.0 para así delimitar las estrategias que otros países han desplegado y, a partir de ello, seleccionar las que para México podrían integrar los instrumentos mínimos de una política de fomento a la Industria 4.0.

Abstract

This article aims to identify and analyze plans and programs at federal and state level focused on the promotion of Industry 4.0 in Mexico. In particular, it presents the cases of Guanajuato and Nuevo León, which have deployed a series of actions instruments to promote this industry. In this sense, the research questions are the following: What public plans at federal level have been implemented in Mexico for Industry 4.0? What are the characteristics of these instruments in Nuevo León and Guanajuato? What are the minimum instruments that can point towards the construction of a public policy for Industry 4.0 given the Mexican context? The methodology of the article is based on qualitative techniques that include the review of plans and programs at federal and state level, which allowed us to identify those aimed at Industry 4.0. The second part of the methodology is based on a bibliometric search in the Scopus database on public policies and Industry 4.0 in order to delimit the strategies that other countries have deployed, and from this select those that for Mexico could integrate the minimum instruments of a policy to promote Industry 4.0.

Introducción

La Industria 4.0 (I4.0) se define por la convergencia de diferentes tecnologías como el big data, internet de las cosas (IoT), cómputo en la nube, inteligencia artificial (IA), robótica, tecnologías cognitivas, nanotecnologías, biotecnologías, ciencia de datos y cadena de bloques, entre otras (Nosalska *et al.*, 2019; Oztemel y Gursev, 2020). Estas tecnologías permiten la integración de personas con objetos, equipos, maquinaria, construcción e incluso el medio ambiente (Basir *et al.*, 2019). En la I4.0, las conexiones tecnológicas no sólo unen lo físico y lo digital, sino que también integran aspectos biológicos (Schwab, 2017).

Estas tecnologías representan un cambio cualitativo porque modifican las formas de organización del trabajo, las habilidades demandadas, el tipo de inversiones, las cadenas de valor, las regulaciones y certificaciones, el comercio internacional, entre otras. Si bien, las tecnologías asociadas a la I4.0 pueden acarrear ventajas para industrias, sectores, regiones o países, también pueden profundizar las brechas tecnológicas y productivas existentes. En este contexto, cobra especial relevancia identificar y analizar el papel de las políticas públicas que a nivel federal y estatal se han desplegado para su promoción y regulación.

El presente trabajo tiene por objetivo identificar y analizar los planes y programas públicos a nivel federal y estatal enfocados en el fomento de la I4.0 en México. Se presentan los casos de Guanajuato y Nuevo León, quienes han hecho explícitos diversos instrumentos de política pública. Las preguntas de investigación planteadas son: ¿qué planes y programas de política a nivel federal se han implementado en México para fomentar la Industria 4.0? ¿Qué características tienen las políticas públicas que en Nuevo León y Guanajuato se han desplegado para la Industria 4.0? ¿Cuáles son los instrumentos mínimos que pueden apuntar hacia la construcción de una política pública para la Industria 4.0 dado el contexto mexicano?

La metodología utilizada está basada en técnicas cualitativas que incluyen la revisión de planes y programas a nivel federal y estatal, lo que permitió identificar aquellos dirigidos a la I4.0, y una búsqueda bibliométrica en la base de datos Scopus sobre políticas públicas e I4.0 a nivel global, para así delimitar las estrategias que otros países han implementado y a partir de ello seleccionar las que para México podrían integrar los elementos mínimos de una política para la I4.0.

El artículo se estructura de la siguiente manera: en primer lugar, se presenta una síntesis de las características de la I4.0, así como la relevancia de plantear planes y programas públicos para su desarrollo; además, se identifican iniciativas gubernamentales a nivel global de una selección de países. En seguida, se exponen algunos planes y programas públicos a nivel federal para México, para continuar con la presentación de los casos de Nuevo León y Guanajuato. Por último se presentan algunas reflexiones finales sobre los elementos mínimos para un programa de desarrollo de la I4.0.

Caracterización de los planes y programas públicos dirigidos a la Industria 4.0

Existe una variedad de términos que hacen referencia a la I4.0, como: Fourth industrial revolution o 4th industrial revolution (Liao *et al.*, 2017); Digital Manufacturing (Möller, 2016); Integrated Industry o Smart Industry (Hermann *et al.*, 2016); Smart Factory, Production 4.0 (Schneider, 2018). Diversos gobiernos y agencias internacionales han desplegado algunos planes y programas de fomento. Hablar de políticas públicas para la I4.0 puede implicar determinar si en las políticas industriales, educativas, científicas y tecnológicas, entre otras, existe algún tipo de instrumento que se relacione con dicha industria. Puede haber políticas que, sin ser explícitamente dirigidas a la I4.0, tengan impacto en ella, lo que significa que pueden existir políticas implícitas. Además, analizar las políticas públicas implica considerar al menos cuatro fases: la construcción de la agenda, la formulación, implementación y la evaluación.

Sin embargo, para fines de este trabajo, sólo se consideran los planes y programas explícitos relacionados con la I4.0 en su fase de implementación, ya que analizar las políticas

públicas sobrepasa los alcances de este artículo. A nivel global, los países que lideran en la I4.0 son Alemania, Estados Unidos, Japón y China. Además de los países mencionados, existen otros que han implementado por lo menos algún plan para la I4.0, la tabla 1 es sólo una muestra de ello. Si bien valdría la pena profundizar en el análisis de algunos de estos programas, no es el objetivo de este trabajo, sin embargo, permite observar la amplia diversidad de enfoques y el interés que ha despertado desde 2006.

Tabla 1. Planes y programas públicos a nivel país y año de lanzamiento.

Países	Concepto	Plan o programa público	Año
Alemania	Industrie 4.0	German high-tech strategy German high-tech strategy Industrie 4.0	2006 2011
Estados Unidos de Norteamérica	Smart manufacturing	Strategy for American Innovation Advanced Manufacturing Partnership Smart Cities Initiative	2009 2011 2015
Dinamarca	Industry 4.0	Made	2012
Bélgica	Industry 4.0	Made Different	2013
Australia	Advanced manufacturing	The next wave of manufacturing	2013
Países Bajos	Smart Industry	Smart Industry	2014
Reino Unido	High value manufacturing, future of manufacturing	Catapult-High value manufacturing	2014
Canadá	Smart manufacturing	Conestoga: Centre for Smart Manufacturing	2015
Corea del Sur	Manufacturing 3.0	Manufacturing Innovation 3.0 Strategic Action Programme	2015
Japón	Super Smart Society	Industrial Value Chain Initiative Japan Revitalization Strategy	2015 2015
China	Internet Plus	Made in China 2025	2014
India	Industry 4.0	Made in India	2015
Francia	Industrie 4.0	Industrie du Futur	2015
España	Industria 4.0	Industria conectada	2016
Portugal	Industry of Manufacturing Technologies	PRODUTECH	2016
Italia	Industria 4.0	Plano Nazionale Industria 4.0	2017
Comisión Europea	Factories 4.0, Smart Specialization	Strategies for Smart Specialization (S3) 2014-2022	2014

Fuente: Castillo *et al.*, (2017); Mariani y Borghi (2019); Lepore y Spigarelli (2020).

Con el objetivo de identificar los diversos tipos de políticas públicas que se han puesto en práctica en algunos países, se ha realizado un ejercicio bibliométrico en Scopus para categorizarlas como primer acercamiento. Si bien en este trabajo se plantea el análisis

de “planes y programas”, éstos son un componente de las políticas públicas, y por ello se eligió dicho término para la búsqueda. Los datos fueron extraídos el 22 de septiembre del 2023 y la definición de los términos de búsqueda está basada en la tabla 1 usando los conceptos identificados en la revisión de los planes y programas de diversos gobiernos: TITLE-ABS-KEY ("public policy" AND "industry 4.0" OR "industrie 4.0" OR "smart manufacturing" OR "advanced manufacturing" OR "industrie du futur" OR "high value manufacturing" OR "factories 4.0" OR "manufacturing 3.0" OR "made in China 2025" OR "internet plus" OR "fourth industrial revolution" OR "4th industrial revolution" OR "super smart society" OR "digital manufacturing" OR "smart factory" OR "integrated industry" OR "smart industry" OR "production 4.0").

Los resultados arrojaron un total de 152 documentos en el periodo 1984–2023 con la siguiente distribución: 82 artículos, 34 papeles de conferencias, 15 capítulos de libro, 11 revisiones y 6 libros. De aquí se seleccionaron únicamente los artículos y se realizó una revisión manual para localizar aquellos que trataran específicamente sobre políticas públicas con relación a la I4.0, finalmente, el análisis se concentró en 48 documentos. La revisión de la literatura permitió delimitar varias categorías de políticas públicas, por ejemplo, aquellas que se basan en el proceso de inserción, la dotación de infraestructura, la generación de oferta y demanda (Castillo *et al.*, 2017); aproximaciones sobre el papel de los gobiernos para crear una estructura organizacional compuesta por políticas de soporte y de subsidios (Mohiuddin y Nurul, 2023); mientras que otros autores identifican que dada la naturaleza de las tecnologías que componen a la I4.0 es fundamental la creación de planes centrados en la promoción de la colaboración entre actores: productores de tecnologías, industria, plataformas, etc. (Lepore y Spigarelli, 2020).

La mayoría de los estudios apela a una mejora en términos de calidad institucional (Dedahanov *et al.*, 2017). Eso significa ordenar prioridades y establecer programas claros con objetivos plausibles. Hay estrategias que se basan en planes específicos por tecnologías o en instrumentos de regulación para alguna tecnología (Janssen *et al.*, 2020). En el caso de las estrategias de los países en desarrollo, hay un énfasis en la promoción de I4.0 para las pequeñas y medianas empresas (Ghobakhloo *et al.*, 2022; Mohiuddin y Nurul, 2023).

Para los fines de este trabajo se plantean dos grandes tipos de políticas públicas: facilitadoras y regulatorias. Como políticas facilitadoras se ubican aquellas que, a través de diversos tipos de incentivos, herramientas y estrategias buscan promover el desarrollo de la I4.0; mientras que las regulatorias establecen instrumentos, normas, reglas, acuerdos y leyes tratando de evitar riesgos, externalidades o efectos negativos de una acción.

Tabla 2. Estrategias de las políticas públicas dirigidas a la I4.0.

Facilitadoras	Regulatorias
<ul style="list-style-type: none"> - Creación de infraestructura tecnológica que permita y asegure estabilidad, conectividad, fiabilidad e integridad en los procesos productivos. - Formación de habilidades y competencias en nuevas tecnologías (recursos humanos). - Creación de nuevas áreas profesionales y profesionalizantes (grados técnicos y posgrados especializados). - Aumento del financiamiento público y privado (proyectos diversos). - Incentivos fiscales para disminuir los impactos de las tecnologías 4.0. - Minimización del riesgo financiero de las inversiones (riesgos compartidos público-privado) de las tecnologías 4.0. 	<ul style="list-style-type: none"> • Emisión de normas regulatorias para la basura digital. • Mejorar los sistemas de derechos de protección intelectual e industrial. • Diseñar, implementar y fortalecer mecanismos de ciberseguridad. • Contratos jurídicos especiales sobre procesos de colaboración entre privados y públicos-privados. • Evaluación de riesgos potenciales. • Normatividad con respecto a la ética, privacidad y uso de datos por agencias públicas y privadas. • Adaptación y creación de nuevas legislaciones laborales.

Fuente: Elaborado con base en Sung (2018); Cheng *et al.*, (2021); Wang *et al.*, (2021); Teixeira y Tavares (2022); Mohiuddin y Nurul (2023).

Como puede observarse en la tabla 2, las políticas públicas se han concentrado en tres rubros principales: financiamiento a la investigación, desarrollo e innovación; formación y capacitación de recursos humanos, y regulación diversa. Hay que mencionar que la gran mayoría coinciden en la implementación de estrategias para la digitalización tanto a nivel empresarial como social (Teixeira y Tavares, 2022), ya que es uno de los elementos estructurantes para la implementación de otras tecnologías de la I4.0.

Planes y programas a nivel federal en México

En términos amplios, los planes y programas en México se han enfocado en el proceso de digitalización, y no en el desarrollo de la Industria 4.0, específicamente, en instrumentos que priorizan el acceso a internet, aunque los resultados aún son limitados, pues hay importantes rezagos en infraestructura y conectividad (Oropeza y Berasaluce, 2021; Solleiro, 2023). A continuación se presentan de forma sintética los planes y programas que de forma directa se relacionan con la Industria 4.0.

ProMéxico lanzó en el 2011 el *Mapa de ruta de diseño, ingeniería y manufactura avanzada*; allí se plantearon estrategias de corto plazo que se enfocaron en el desarrollo de talento, a través del apoyo a programas flexibles de capacitación compuestos por programas académicos, estancias técnicas e industriales, nacionales e internacionales, con el objetivo de integrar egresados de ingeniería a la industria. Además de creación de infraestructura, para diseño, ingeniería y manufactura avanzada.

En 2013 se publicó la Estrategia Digital Nacional (EDN) con el objetivo de fomentar la competencia y la inversión en el sector de telecomunicaciones, tanto en su disponibilidad como en la calidad de los servicios (Gobierno de la República, 2013). Además,

estableció un principio de garantía constitucional para los mexicanos en el derecho de acceso a las tecnologías de la información y comunicación (TIC), así como la dotación de infraestructura para el acceso a internet y banda ancha, con la finalidad de lograr mayor inclusión digital.

Posteriormente, en el 2014, se presentó el Mapa de Ruta para el IoT; y en el año 2016, la Secretaría de Economía inició la elaboración del Mapa de Ruta para la I4.0 (Castillo *et al.*, 2017). Dicho mapa consistió en una serie de lineamientos propuestos por el gobierno mexicano para impulsar la innovación industrial en el país. Entre las estrategias consideradas en este plan se encontraba la creación de clústeres empresariales y consorcios que se alinearán con las actividades económicas de las distintas regiones productivas, especialmente en las industrias aeroespacial, automotriz y química (Secretaría de Economía, 2016b).

El programa se basaba en siete ejes transversales que definían la I4.0: el IoT, el *big data*, la simulación de procesos, la inteligencia artificial, la robótica, la ciberseguridad y la realidad aumentada (Secretaría de Economía, 2016b). Además, se proponía la creación de Centros de Innovación Industrial (CII) que brindarían asesoramiento y consultoría a empresas en desarrollo, así como el financiamiento público de proyectos, tanto para personas físicas como morales (Secretaría de Economía, 2016b). Este financiamiento se canalizaría a través del Programa para el Desarrollo de la Industria de Software y la Innovación (Prosoft), que pasó a denominarse Prosoft 4.0 como parte de los esfuerzos para impulsar la I4.0 (Secretaría de Economía, 2016a).

En 2018, se presentó el proyecto de la Plataforma Industria 4.0, que incluía la creación de un Consejo Consultivo conformado por el sector académico, el entonces Conacyt (ahora Conahcyt) y una comisión de presidencia. Su objetivo era proponer acciones para aprovechar las tecnologías relacionadas con la I4.0. Sin embargo, debido al cambio de gobierno, la Plataforma no se implementó y los trabajos del Consejo Consultivo no continuaron (Forbes Staff, 2018).

La estrategia puso un fuerte énfasis en el componente educativo, promoviendo carreras relacionadas con el desarrollo de la I4.0 como mecánica, electrónica, matemáticas, ciencias de la computación, entre otras (Secretaría de Economía, 2016a). También se planteó la creación de redes de colaboración entre la industria y la academia para formar ingenieros y técnicos en estas áreas, así como el fomento de negocios basados en internet a través de la creación de una incubadora de alta tecnología (Secretaría de Economía, 2016a).

El plan tenía un horizonte temporal de 2016 a 2030, con la meta final de posicionar a México entre los 10 primeros lugares en el Índice de Complejidad Económica y entre los cinco países más destacados en la gestión de soluciones digitales basadas en el *big data*

(Secretaría de Economía, 2016a). Para lograrlo, se propusieron acciones como la creación de un Instituto Nacional de la Industria 4.0, la implementación del modelo de clúster, la vinculación de actores a través de una red de innovaciones de la I4.0, y la creación de un campus de reproducción de la innovación y un laboratorio de redes (Secretaría de Economía, 2016a).

En 2018 se presentó la Estrategia IA-MX basada en el informe “Hacia una Estrategia de IA en México: Aprovechando la Revolución de la IA”. Dicho documento contó con la participación de la Coordinación de Estrategia Digital, pero estuvo a cargo de los *think tank* C Minds y Oxford Insights. Por diversas razones, la Estrategia IA-MX no fue implementada y sólo quedó a nivel de una propuesta ya que el gobierno mexicano se concentró en las acciones de dotación de infraestructura digital. Es importante señalar que estas estrategias y programas pertenecen a la administración federal del gobierno de Enrique Peña Nieto (2012-2018), y algunos de ellos han perdido prioridad o han desaparecido (CEFP, 2021a; CEFP, 2021b). Una problemática que, en general, México enfrenta al no tener continuidad transexenal en temas o áreas prioritarias.

En marzo de 2021 se publicó el documento “Proceso de Planeación de la Estrategia Digital Nacional y la Política Tecnológica” a cargo de la Coordinación de Estrategia Digital Nacional del Gobierno de México y también la Estrategia Digital Nacional 2021-2024, en la cual se establece una agenda focalizada en el acceso a la infraestructura, internet y digitalización gubernamental. El énfasis está puesto en las ideas de inclusión digital, soberanía tecnológica, uso de software libre y en temas de seguridad (Cortés y Ruíz, 2021). Sin embargo, de acuerdo con Solleiro (2023) la Estrategia presenta diversos problemas ya que no se considera asignación presupuestal para llevar a cabo los objetivos que plantea, tampoco se considera la formación de capacidades digitales en individuos y empresas ni se definen industrias prioritarias.

Como puede verse, el acento regresó al tema de acceso e inclusión de tecnologías digitales y desapareció el interés en la IA. Aunque es necesario mencionar que aún existen iniciativas desde la sociedad civil como la Alianza Nacional de Inteligencia Artificial (ANIA), quienes han tratado de proponer una agenda al gobierno federal y algunas secretarías, sin resultados positivos. Finalmente, en noviembre de 2022, se presentó el plan “Rumbo a una política industrial”, que menciona a la I4.0 como uno de sus componentes y anuncia la futura definición de pautas para el desarrollo productivo conjunto (Secretaría de Economía, 2022). Hasta la fecha, aún no se ha publicado un documento detallado que desarrolle los puntos mencionados en dicha presentación.

Planes y programas estatales para la I4.0 en Nuevo León y Guanajuato

La relevancia de la política pública a nivel nacional radica en su capacidad para sostener a largo plazo el desarrollo productivo de un país. Son los estados nacionales

los responsables de utilizar herramientas de política para estimular la productividad y fomentar la competencia tanto a nivel global como interno de las empresas. Si no existe una dirección establecida por el gobierno, el progreso de un país se verá ralentizado y desigual.

A pesar de algunas iniciativas y estrategias planteadas, México ha carecido de una política para la I4.0 claramente definida a nivel federal; no obstante, algunos planes y programas se han implementado a través de los gobiernos subnacionales. En este contexto, se destacan dos casos importantes relacionados con el impulso de la I4.0 desde las políticas gubernamentales: los estados de Nuevo León y Guanajuato, quienes han establecido diversos planes, programas y líneas de acción para fomentar la tecnologización de sus industrias. En el siguiente apartado, se exponen de manera detallada acciones y estrategias que estas entidades han implementado a partir de sus planes estatales de desarrollo.

Nuevo León

El eje 2, “Generación de riqueza sostenible”, del Plan Estatal de Desarrollo (PED) de Nuevo León 2022–2027 hace referencia al proyecto estratégico titulado Nueva Economía de Nuevo León. Éste se basa en el desarrollo de diferentes sectores y áreas productivas sustentadas en la tecnología, la innovación y el desarrollo de conocimiento a fin de potencializar la I4.0 y demás emprendimientos tecnológicos por medio de la colaboración activa de diferentes actores coordinados por la Secretaría de Economía de la entidad (Gobierno de Nuevo León, 2022).

Uno de los apartados del eje 2 refiere a la competitividad e innovación. En este sentido, el PED de Nuevo León tiene como objetivo principal posicionar a la entidad como líder en la industria inteligente, a pesar de que sólo 3 % de las empresas de la región se dedica a actividades relacionadas con la investigación y el desarrollo científico (Gobierno de Nuevo León, 2022). Entre los resultados específicos que se esperan está el incremento de la inversión en áreas económicas relacionadas con la I4.0. Algunos de los indicadores sugeridos para medir el progreso en esta área se refieren tanto a la inversión como al personal empleado en investigación y desarrollo (Gobierno de Nuevo León, 2022).

Dentro del mismo Plan se plantea el proyecto Silicon Valley como el principal para la consecución de los objetivos previamente descritos. Su finalidad es generar una relación productiva entre la investigación, la inversión extranjera directa, el financiamiento y la participación del sector empresarial. La entidad encargada de coordinar este proyecto es la Secretaría de Economía del estado, y se espera que traiga consigo una serie de beneficios, incluido el aumento de la competitividad y el impulso a la industria altamente tecnologizada (Gobierno de Nuevo León, 2022). El modelo propuesto para este proyecto se basa en la colaboración de la triple hélice (academia, gobierno y sociedad) a través de

acuerdos intersectoriales, eventos públicos, reuniones estratégicas y la creación de distritos emprendedores destinados a albergar empresas digitales, startups y tecnología de automatización (Gobierno de Nuevo León, 2022).

A pesar de que en el PED anterior se menciona la I4.0 dentro de sus objetivos y planes de acción, desde 2017 surge la iniciativa Nuevo León 4.0 (Mexico Industry, 2017), misma que se mantiene en la administración actual. En esta estrategia se definen objetivos y metas similares a las establecidas en el PED actual de Nuevo León.

En la Estrategia Estado Inteligente Nuevo León 4.0 se define a la Cuarta Revolución Industrial como “la convergencia de sistemas ciber físicos para crear procesos autoajustables, inteligentes, flexibles y eficientes mediante la digitalización del proceso productivo desde el diseño hasta el consumo” (Gobierno de Nuevo León, s.f., p. 5). Al igual que en todas las estrategias de política industrial, se espera un incremento en la competitividad de la entidad y la superación de ciertas amenazas derivadas del desarrollo tecnológico tales como: el rezago a este respecto, la pérdida de empleo y el mantener actividades consideradas de bajo valor productivo (Gobierno de Nuevo León, s.f.).

Las iniciativas para promover la I4.0 en la entidad son de reciente creación y aún no se pueden evaluar por completo sus efectos. Sin embargo, entre los resultados destacados se encuentra la implementación de programas de formación humana, como el Programa de Habilidades Digitales para el Emprendimiento, en el que participan la Secretaría de Economía del estado, el Tecnológico de Monterrey, la Universidad Autónoma y la empresa Cisco, y ofrece certificaciones en distintas tecnologías propias de la I4.0 (Coronado, 2022). También está la iniciativa “Peak Nuevo León”, que se centra en impulsar startups con base tecnológica alineada a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), y que este año benefició a 50 particiones (García, 2023).

Guanajuato

El Plan Estatal de Desarrollo 2040 (PED 2040) fue presentado en 2018 por el entonces gobernador del estado, Miguel Márquez (Raúl, 2018); en éste se plantean metas y objetivos a largo plazo que se pretende alcanzar de manera plena en el año 2040. En el ámbito económico, el objetivo planteado es el aprovechamiento sostenible de los recursos, así como un aumento en la competitividad del estado a través de la incorporación del conocimiento, la capacitación del capital humano y la adopción de tecnologías disruptivas. En este sentido, se plantea la creación del Centro de impulso al talento especializado en la formación de habilidades para la I4.0 con aplicación en diversos sectores económicos (Gobierno de Guanajuato, 2018b).

En el PED 2040 se busca consolidar ciertos elementos, como el impulso a los sectores económicos actuales, a la vez que se promueven nuevos modelos de negocios basados en la diversificación de la economía cuyo principal motor de desarrollo sea la tecnología y la innovación. Asimismo, se propone la creación de nuevos centros de producción y clústeres industriales con el fin de desarrollar un sistema de innovación empresarial (Gobierno de Guanajuato, 2018b).

El componente de Ciencia, Tecnología e Innovación en la dimensión económica implica promover el emprendimiento a través de nuevas tendencias de negocio que fomenten la integración de ecosistemas y mercados en torno a la innovación, incluyendo la tecnologización de la entidad a fin de crear las condiciones tecnológicas necesarias para una industria con estas características (Gobierno de Guanajuato, 2019). En este sentido, se busca implementar una estrategia de cuatro hélices (sector productivo, gobierno, centros de investigación y sociedad), en la cual la capacitación del capital humano desempeña un papel fundamental. Además, se busca establecer una plataforma de investigación y desarrollo estrechamente vinculada con el sector empresarial fortaleciendo el financiamiento de este tipo de empresas. Actualmente el estado de Guanajuato cuenta con un sistema de siete parques tecnológicos y de innovación que proporcionan un espacio físico propicio para esta interacción (Gobierno de Guanajuato, 2019).

Uno de los proyectos clave de esta estrategia fue lanzado en 2019. El programa iNNdustria 4.0 tenía el objetivo de promover y facilitar la articulación de actividades productivas de alto valor agregado, al mismo tiempo que estimulaba la incorporación de nuevas tecnologías en sectores tradicionales para incrementar la productividad y fortalecer las cadenas de valor mediante la tecnología. Además, se fomentaba el desarrollo de sectores emergentes relacionados con tecnologías avanzadas con el fin de lograr una integración más completa de las actividades económicas industriales en el contexto de la I4.0 (Gobierno de Guanajuato, 2018a).

La Secretaría de Innovación, Ciencia y Educación Superior del Estado de Guanajuato fue el organismo institucional encargado de coordinar este proyecto. La población de impacto comprendía tanto a empresas activas dentro del estado, como a estudiantes y centros de investigación (Gobierno de Guanajuato, 2018a). La gestión de estos proyectos estaría a cargo de organizaciones de la sociedad civil y sin fines de lucro que funcionarían como intermediarios entre el gobierno y las empresas brindando apoyo a los emprendimientos en su proceso de digitalización o adopción de tecnologías. Además, se dio prioridad a la región centro-oeste del estado, aunque esta preferencia no era excluyente (Gobierno de Guanajuato, 2018a).

Los rubros de apoyo estaban orientados a fortalecer la integración y creación de empresas en la I4.0, así como a potenciar las capacidades productivas mediante la tecnología y la creación de empresas que ofrecieran productos y servicios para la industria.

El gobierno del estado de Guanajuato destinó un total de 4 millones de pesos para el programa iNNdustria 4.0 distribuidos en tres tipos de proyectos: 1) generación e integración de empresas en la I4.0 (1.5 millones), 2) implementación de tecnología para aumentar la productividad (1 millón), y 3) creación de empresas con productos o servicios para la I4.0 (1.5 millones) (Gobierno de Guanajuato, 2018a). Cabe señalar que, actualmente, el PED 2040 se encuentra en un proceso de actualización con miras a establecer en PED 2050 (Iplaneg, 2023).

Guanajuato destaca como uno de los estados de mayor desarrollo económico e industrial y es el único estado no fronterizo con un alto nivel de exportaciones, superando los 13 MDD en el primer semestre de 2020 (Ayala, 2021; Inegi, 2021). Además, la inversión extranjera directa (IED) de la entidad ha experimentado un crecimiento constante, ubicándose en el quinto lugar a nivel nacional en 2021 (Ayala, 2021). Este fenómeno podría atribuirse a un plan estatal que no sólo considera un único periodo administrativo, sino que se extiende a largo plazo: el plan vigente abarca hasta 2040, y la versión en proceso de actualización tiene una visión proyectada hasta 2050, siendo el propósito fundamental consolidar la industria manufacturera con base tecnológica (Ayala, 2021).

En esta misma línea, se han organizado diversos eventos como la Hannover Messe y la Industrial Transformation Mexico, que celebró su quinta edición este año (Gobierno de Guanajuato, 2023). En estos eventos se resalta la importancia de mantener la conexión entre academia, gobierno y sector productivo, ya que se busca garantizar que la investigación tenga aplicaciones productivas al vincular de manera estratégica a estos sectores clave para el desarrollo económico y tecnológico de la región.

Tabla 3. Cuadro comparativo estrategias Nuevo León y Guanajuato.

Dimensiones	Nuevo León	Guanajuato
Periodo y estado actual	2022-2027. En ejecución	2018-2040. En proceso de actualización a PED 2050
Objetivo principal	Potenciar la I4.0 y la economía basada en la tecnología e innovación	Aumentar la competitividad a través de la incorporación del conocimiento y tecnología disruptiva
Principales sectores	Diversos sectores y emprendimientos tecnológicos	Tecnología, innovación, y sectores tradicionales con la adopción de tecnología
Agencia coordinadora	Secretaría de Economía	Secretaría de Innovación, Ciencia y Educación Superior
Resultados esperados	Incremento de la inversión en áreas económicas relacionadas con la I4.0	Fomento de la tecnología y la innovación
Definición	“Convergencia de sistemas ciber físicos para crear procesos autoajustables, inteligentes, flexibles y eficientes mediante la digitalización del proceso productivo desde el diseño hasta el consumo” (Gobierno de Nuevo León, S/F)	No especificado
Proyecto clave	Silicon Valley	iNNdustria 4.0
Modelo de colaboración	Triple hélice y acuerdos intersectoriales	Cuatro hélices con énfasis en la capacitación del capital humano
Localización estratégica	No especificado	Región centro-oeste del estado
Presupuesto	No especificado	4 millones de pesos

Fuente: elaboración propia.

Guanajuato y Nuevo León son estados altamente industrializados con presencia de clústeres considerados de alta tecnología: el primero en la industria automotriz, el segundo en los sectores automotriz, aeroespacial y médico (Lopátegui, 2022). Destaca que, en el caso Guanajuato, se apuesta por la digitalización de trámites y servicios en la entidad, lo cual es de gran importancia para la implementación de una política industrial pertinente pues el entramado institucional en pro de un mercado competitivo, así como la agilización de trámites, son condiciones indispensables para el desarrollo productivo (Rothwell y Zegveld, 1981).

Los instrumentos de política en Nuevo León y Guanajuato se fundamentan en enfoques facilitadores, lo cual es comprensible ya que, en gran medida, las capacidades regulatorias recaen en las facultades de la federación, y son limitadas las que pueden ser atribuidas a los estados. Los programas revisados se enfocan en dos aspectos: por un lado, el dotar de apoyos financieros significativos para que las empresas (en particular las mipymes) puedan acceder a tecnología de vanguardia impulsando así su desarrollo productivo. El otro aspecto a destacar es la generación de programas para la capacitación laboral y la educación en áreas tecnológicas. Guanajuato ha priorizado el primer enfoque, aunque también ha establecido como factor preponderante la formación universitaria en materias STEM (Ayala, 2021). Por su parte, hasta ahora los resultados más visibles de Nuevo León pertenecen al segundo aspecto que no excluye una importante inversión de recursos (García, 2023).

Reflexiones finales

Elementos mínimos para un programa de desarrollo de la I4.0

Como se vio en los apartados anteriores, han existido diversos esfuerzos por instaurar herramientas de política en pro de la I4.0. Sin embargo, en México los instrumentos establecidos no han sido consistentes y han recaído en buena parte en las entidades. En este sentido, a pesar de los esfuerzos para la implementación de programas de política industrial desde los estados, sin una articulación federal que sustente un desarrollo equilibrado y garantice su permanencia a largo plazo, los beneficios de las políticas locales no pueden escalar o generalizarse más allá de la región. En la revisión de los casos de Nuevo León y Guanajuato encontramos políticas facilitadoras que buscan la adopción de la tecnología como recurso primario para incrementar la competitividad y la productividad de las empresas, sin poner atención a temas relacionados con posibles situaciones adversas derivadas de la adopción tecnológica, como es el caso de la seguridad de la información. En este sentido, la implementación de mecanismos sólidos de ciberseguridad es esencial para proteger tanto a oferentes como a demandantes en el entorno digital. Esto incluye la interoperabilidad, la protección de datos, la seguridad en las transacciones y la preservación de la privacidad de los usuarios.

La capacitación y formación de recursos humanos es otro de los elementos que han sido retomados por las distintas estrategias de política pública sobre I4.0. En esta línea, el desarrollo de habilidades digitales y la transformación de perfiles técnicos y profesionales es esencial. Es precisa la promoción de programas de formación y capacitación que integren habilidades digitales diversas en la fuerza laboral.

En esta misma línea, es importante asegurar que las capacidades tecnológicas lleguen a grupos poblacionales vulnerables, como mujeres, niños, indígenas y adultos mayores. Esto puede lograrse a través de programas de alfabetización digital, acceso a tecnologías y oportunidades de formación. Para ello, es necesaria la creación de estrategias y herramientas que permitan una mayor inversión en infraestructura digital de alta calidad para cerrar las brechas tecnológicas existentes. Asimismo, dicha infraestructura debe ser de alta calidad, compatible con estándares internacionales y asequible para garantizar la competitividad.

Por otro lado, es importante que la regulación que enmarque la implementación de desarrollos tecnológicos sea coherente con los estándares internacionales a fin de facilitar el comercio y la cooperación global con respecto a la I4.0. Esto incluye la armonización de regulaciones y estándares para garantizar la interoperabilidad, la homologación de dispositivos, redes, y la seguridad. Otro punto para tomar en cuenta es el financiamiento. Para respaldar la adopción de tecnologías disruptivas vinculadas a la I4.0, se requiere de una combinación de financiamiento público y privado, así como la colaboración entre ambos sectores, a fin de impulsar la innovación y el crecimiento económico.

Vale la pena puntualizar que la viabilidad de una política pública, así como su éxito o fracaso, depende del contexto de aplicación. Esto significa que puede haber políticas que en algunos países sean muy exitosas y en otros no. Por ello, sin pasar por alto lo que se ha mencionado, se considera que es posible identificar algunas políticas públicas generales que, en algunos países han sido aplicadas y que podrían servir de guía para la definición de políticas de otros países, previa consideración de las características propias y el contexto.

Por ejemplo, en México, los vacíos institucionales en la regulación y la falta de integración efectiva de grupos vulnerables en el acceso a la tecnología disruptiva de la I4.0 anuncian un panorama desafiante. La ausencia de incentivos a mediano y largo plazo para el sostenimiento de estrategias de política que fomenten la innovación potencializa las posibilidades de consecuencias adversas en la implementación de tecnologías cuya aplicación trae consigo algunos riesgos. Además, la falta de vinculación entre gobierno, academia y sector empresarial limita la capacidad de desarrollar soluciones sostenibles y equitativas para optimizar el despliegue tecnológico.

Referencias

- Ayala, C. (2021, 7 de octubre). Guanajuato materializa resultados por apuesta a Industria 4.0. *El Economista*. <https://www.economista.com.mx/estados/Guanajuato-materializa-resultados-por-apuesta-a-Industria-4.0-20211006-0122.html>.
- Basir, R., Qaisar, S., Ali, M., Aldwairi, M., Ashraf, M. I., Mahmood, A. y Gidlund, M. (2019). Fog Computing Enabling Industrial Internet of Things: State-of-the-Art and Research Challenges. *Sensors*, 19(21). <https://doi.org/10.3390/s19214807>.
- Castillo, M., Gligo, N. y Rovira, S. (2017). La política industrial 4.0 en América Latina. En M. Cimolli, M. Castillo, G. Porcile y G. Stumpo (eds.), *Políticas Industriales y Tecnológicas en América Latina*. CEPAL.
- CEFP. (2021a). *Evolución de los recursos aprobados al Ramo 10 "Economía", 2016-2021*. <https://www.cefp.gob.mx/publicaciones/nota/2021/notacefp0512021.pdf>.
- CEFP. (2021b). *Programas Prioritarios Pre-Criterios 2021-2022*. <https://www.cefp.gob.mx/publicaciones/infografias/2021/daip/infdaip0282021.pdf>.
- Cheng, Y., Awan, U., Ahmad, S. y Tan, Z. (2021). How do technological innovation and fiscal decentralization affect the environment? A story of the fourth industrial revolution and sustainable growth. *Technological Forecasting and Social Change*, 162. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120398>.
- Coronado, N. (2022, 13 de septiembre). Refuerzan UANL y CISCO habilidades digitales para el emprendimiento. *Vida Universitaria*. <https://vidauniversitaria.uanl.mx/campus-uanl/refuerzan-uanl-y-cisco-habilidades-digitales-para-el-emprendimiento/>.
- Cortés, V. y Ruíz, P. (2021). *Reportes de Política Pública. México. Empatía*. <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/server/api/core/bitstreams/2d536f49-e7bb-45d1-8b59-3d13d80e7a4a/content>.
- Deধানov, A. T., Rhee, C. y Yoon, J. (2017). Organizational structure and innovation performance. *Career Development International*, 22(4), 334-350. <https://doi.org/10.1108/CDI-12-2016-0234>.
- Forbes Staff. (2018, 7 de septiembre). Gobierno alista la Plataforma de Industria 4.0 MX. *Forbes México*. <https://www.forbes.com.mx/gobierno-alista-la-plataforma-de-industria-4-0-mx/>.
- García, L. (2023, 20 de noviembre). Peak NL: Emprendedores registran inversión de hasta 20 mdd. *Telediario México*. <https://www.telediario.mx/economia/peak-nl-emprendedores-registran-inversion-20-mdd>.
- Ghobakhloo, M., Iranmanesh, M., Vilkas, M., Grybauskas, A. y Amran, A. (2022). Drivers and barriers of Industry 4.0 technology adoption among manufacturing SMEs: A systematic review and transformation roadmap. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 33(6), 1029-1058. <https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2021-0505>.
- Gobierno de Guanajuato. (2018a). Reglas de operación programa "iNNdustria 4.0" ejercicio fiscal 2019. *Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato*. https://periodico.guanajuato.gob.mx/downloadfile?dir=anio_2018&file=PO_261_11va_Parte_20181227_2201_5.pdf.
- Gobierno de Guanajuato. (2018b). Resumen ejecutivo. Plan Estatal de Desarrollo de Guanajuato. https://iplaneg.guanajuato.gob.mx/ped2040/wp-content/uploads/2019/01/PED_Gto2040_WEB.pdf.
- Gobierno de Guanajuato. (2019). *Plan Estatal de Desarrollo Guanajuato 2040. Construyendo el futuro. Dimensión Económica*. <https://iplaneg.guanajuato.gob.mx/ped2040/wp-content/uploads/2019/01/02-D-Economia.pdf>.

- Gobierno de Guanajuato. (2023, 4 de octubre). Es Guanajuato el epicentro de la innovación y capital industrial de México: Diego Sinhue. *Boletines Guanajuato*. <https://boletines.guanajuato.gob.mx/2023/10/04/es-guanajuato-el-epicentro-de-la-innovacion-y-capital-industrial-de-mexico-diego-sinhue/>.
- Gobierno de la República (2013). *Estrategia Digital Nacional*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/17083/Estrategia_Digital_Nacional.pdf.
- Gobierno de Nuevo León. (2022). *Plan estatal de desarrollo de Nuevo León 2022-2027*. https://www.nl.gob.mx/sites/default/files/plan_estatal_de_desarrollo_nuevo_leon_2022-2027_-_pdf.pdf.
- Gobierno de Nuevo León. (s.f.). *Estado inteligente: Nuevo León 4.0*. [Presentación de PowerPoint]. https://www.nl.gob.mx/sites/default/files/presentacion_nl40_31_mayo_-_rev_02_2_0.pdf.
- Hermann, M., Pentek, T. y Otto, B. (2016) Design principles for industrie 4.0 scenarios. *49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, 3928-3937. <https://doi.org/10.1109/hicss.2016.488>.
- Inegi. (2021). *Indicador mensual de la actividad industrial por entidad federativa. Durante abril de 2021*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/IMAIEF/IMAIEF2021_08.pdf.
- Iplaneg. (2023). *Consulta PED2050–Iplaneg*. <http://iplaneg.guanajuato.gob.mx/consultaped2050/>.
- Janssen, M., Weerakkody, V., Ismagilova, E., Sivarajah, U. y Irani, Z. (2020). A framework for analysing blockchain technology adoption: Integrating institutional, market, and technical factors. *International Journal of Information Management*, 50, 302-309. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.08.012>.
- Lepore, D. y Spigarelli, F. (2020). Integrating Industry 4.0 plans into regional innovation strategies. *Local Economy*, 35(5), 496-510. <https://doi.org/10.1177/0269094220937452>.
- Liao, Y., Deschamps, F., de Freitas, E., y Pierin, L. (2017). Past, present and future of industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal. *International Journal of Production Research*, 55(12), 3609-3629. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1308576>.
- Lopátegui, M. (2022). De la sociedad de la información y el conocimiento a la Industria 4.0. Aproximaciones a la cuarta revolución industrial desde las relaciones internacionales. En A. Martínez, M. Santos y R. de Gortari (coords.), *Oportunidades y retos para la adopción de la Industria 4.0 en México* (pp. 37-57). UNAM-Plaza y Valdés Editores. https://www.researchgate.net/publication/364091856_Oportunidades_y_retos_para_la_adopcion_de_la_industria_40_en_Mexico.
- Mariani, M. y Borghi, M. (2019). Industry 4.0: A bibliometric review of its managerial intellectual structure and potential evolution in the service industries. *Technological Forecasting and Social Change*, 149. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119752>.
- Mexico Industry. (2017, 1 de julio). *Presentan iniciativa Nuevo León 4.0*. <https://mexicoindustry.com/noticia/presentan-iniciativa-nuevo-len-4-0>.
- Mohiuddin, M., Hassan, M., Jayashree, S., Al-Azad, S. y Ed-dafali, S. (2023). The Role of Governments in Driving Industry 4.0 Adoption in Emerging Countries: Mediating Effect of Organizational Structure. *Journal of Global Information Management*, 31(1), 1-31. <https://doi.org/10.4018/JGIM.323439>.
- Möller, D. (2016). Digital manufacturing/industry 4.0. En *Guide to Computing Fundamentals in Cyber-Physical Systems: Concepts, Design Methods, and Applications* (pp. 307-375). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-25178-3_7.

- Nosalska, K., Piątek, Z., Mazurek, G. y Rządca, R. (2019). Industry 4.0: Coherent definition framework with technological and organizational interdependencies. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 837-862. <https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2018-0238>.
- Oropeza, A. y Berasaluce, J. (2021). *De la revolución industrial a la revolución digital. Hacia una agenda digital para México*. Instituto para el Desarrollo Industrial y el Crecimiento Económico.
- Oztemel, E. y Gursev, S. (2020). Literature review of Industry 4.0 and related technologies. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 31(1), 127-182. <https://doi.org/10.1007/s10845-018-1433-8>.
- ProMéxico. (2011). *Diseñado en México. Mapa de ruta de diseño, ingeniería y manufactura avanzada*. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/60156/MRT-Manufactura-Avanzada.pdf>.
- Raúl. (2018, 24 de febrero). Presentan documento "Plan Estatal de Desarrollo 2040" en Guanajuato. *Visión Industrial*. <https://visionindustrial.com.mx/industria/noticias/presentan-documento-plan-estatal-de-desarrollo-2040-en-guanajuato>.
- Rothwell, R. y Zegveld, W. (1981). *Industrial Innovation and Public Policy: Preparing for the 1980s and the 1990s*. Greenwood Press.
- Schneider, P. (2018) Managerial challenges of industry 4.0: An empirically backed research agenda for a nascent field. *Review of Managerial Science*, 12(3), 803-848. <https://doi.org/10.1007/s11846-018-0283-2>.
- Schwab, K. (2017). *La cuarta revolución industrial*. Debate. <https://economyapoliticafeunam.files.wordpress.com/2020/05/klaus-schwab.la-4c2b0-rev.-industrial-2.pdf>.
- Secretaría de Economía. (2016a). *Crafting The Future: A Roadmap for Industry 4.0 in Mexico*. AMITI. <https://amiti.org.mx/wp-content/uploads/2018/01/Crafting-the-future-10-agosto-2016.pdf>.
- Secretaría de Economía. (2016b). *Programa para el Desarrollo de la Industria de Software y la Innovación PROSOFT*. [Presentación de PowerPoint]. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/490934/PROSOFT_VF.pdf.
- Secretaría de Economía. (2022). *Rumbo a una política industrial*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/761984/Rumbo_a_una_Pol_tica_Industrial.pdf.
- Solleiro, J.L. (2023). La industria 4.0 y los cambios en la política industrial. *Ciencia*, 74(2), 56-61. https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/74_2/PDF/10_74_2_1522_PoliticaIndustrial.pdf.
- Sung, T. (2018). Industry 4.0: A Korea perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 40-45. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.11.005>.
- Teixeira, J. y Tavares-Lehmann, A. (2022). Industry 4.0 in the European union: Policies and national strategies. *Technological Forecasting and Social Change*, 180, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121664>.
- Wang, C., Qiao, C., Ahmed, R. I. y Kirikkaleli, D. (2021). Institutional quality, bank finance and technological innovation: A way forward for fourth industrial revolution in BRICS economies. *Technological Forecasting and Social Change*, 163. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120427>.