

## LA INDUSTRIA 4.0 EN MÉXICO Y EL APOYO DE LOS CLÚSTERES AUTOMOTRICES, A. C. PARA SU DESARROLLO

Área de investigación: Entorno de las organizaciones

### María de Lourdes Álvarez Medina

Facultad de Contaduría y Administración  
Universidad Nacional Autónoma de México  
México  
malvarez@fca.unam.mx

### María Virginia Negrete Martínez

Facultad de Contaduría y Administración  
Universidad Nacional Autónoma de México  
México  
vnegrete@fca.unam.mx

Octubre 9, 10 y 11 de 2019

Ciudad Universitaria | Ciudad de México



## LA INDUSTRIA 4.0 EN MÉXICO Y EL APOYO DE LOS CLÚSTERES AUTOMOTRICES, A. C. PARA SU DESARROLLO



### Resumen

El objetivo de este trabajo fue conocer la figura de las asociaciones civiles llamadas *Cluster Automotriz (CA)* y sus acciones para impulsar el avance de la manufactura 4.0 en México. Industria 4.0 es un término acuñado en Alemania para identificar la cuarta revolución industrial en donde las TIC tienen un papel predominante en la producción. La introducción del internet de las cosas ha derivado en sistemas cyberfísicos integrados. Estos incluyen máquinas con computadoras interconectadas que usan programas de inteligencia artificial para tomar decisiones y mejorar su desempeño, así como sistemas con gran capacidad para procesar y almacenar información y analizar grandes cantidades de datos. Aquí se caracteriza la industria 4.0, se describe el rol que juegan los CA en el desarrollo sectorial y se realizan entrevistas telefónicas y vía internet. Se concluye que los CA llevan a cabo diversas acciones para impulsar la industria 4.0 entre sus miembros, especialmente entre las Pymes. Las grandes multinacionales aparecen como las instituciones que influyen para difundir estas tecnologías y son las que dan dirección para la formación de mapas de ruta tecnológicos, pero aún estas empresas están iniciando. Los CA son uno de los múltiples factores relacionados en el ecosistema de innovación en México y es necesario explorar las acciones de otros actores.

**Palabras clave:** industria 4.0, *clúster* automotriz, manufactura, México

### Introducción

La crisis económica financiera de 2008 y la influencia del paradigma de sustentabilidad desarrollado en las últimas décadas resultó en una fuerte crítica de los patrones de producción de la sociedad. El uso excesivo de materiales y combustibles fósiles, así como el consumo desenfrenado y la acumulación de productos que llegan a final de su vida útil sin prever sus formas de reciclaje, reúso o recuperación, ahora son considerados factores de riesgo para el desarrollo sustentable en el mundo. En este sentido los avances tecnológicos que permiten producir más con menos y monitorear el ciclo de vida de los productos,





especialmente las tecnologías de la información y comunicación (TIC), se han ido introduciendo en los sistemas productivos haciéndolos más eficientes y eficaces: disminuyeron los tiempos de proceso, el uso de materiales y los costos y en cambio aumentó la productividad, la calidad y la trazabilidad de los productos.

Entre las nuevas tecnologías aplicadas a la manufactura han sobresalido: la integración de sistemas, el internet de las cosas, el análisis de los grandes datos, la computación en la nube, la impresión 3D, la realidad aumentada, la robotización de la producción y la ciberseguridad que aplicadas a la producción se conocen como tecnologías de la Industria 4.0, manufactura digital o manufactura inteligente. El impacto de estas tecnologías en las áreas de producción de las empresas como ingeniería, diseño, manufactura, uso de materiales, cadena de proveeduría, etc. puede ser mayúsculo. Berger (2016) estima que la utilización de planta se incrementará de 65 a 90%, lo que nos permite apreciar su potencial para los próximos años.

Industria 4.0 es un término acuñado en Alemania para identificar la cuarta revolución industrial en donde las TIC tienen un papel predominante en la producción. La introducción del internet de las cosas y los servicios que éste hace posible para la manufactura han derivado en sistemas cyberfísicos integrados. Estos incluyen máquinas con sistemas cibernéticos embebidos e interconectados que usan programas de inteligencia artificial para tomar decisiones y mejorar su desempeño, sistemas con gran capacidad para procesar y almacenar información y analizar grandes cantidades de datos. Las plantas de manufactura inteligente pueden intercambiar información a través de la estructura organizacional y hacia el exterior, con los grupos interesados o (stakeholders), para la administración de sus procesos organizativos (Yzunza Cortés y cols. 2017).

Este cambio de paradigma ha creado un estado de alerta sobre el futuro del trabajo y el empleo en el mundo (Hualde, 2018). La manufactura está sufriendo cambios acelerados y es recomendable prever las necesidades que tendrá cada país para mantener su industria competitiva.

La manufactura en México es muy importante debido a que a partir de la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte en 1994 se instalaron cientos de multinacionales dedicadas a la producción de vehículos automotores y el país se convirtió en una plataforma de



producción y exportación de manufacturas. Para dar una idea de esta importancia podemos decir que la participación del sector automotriz en el Producto Interno Bruto (PIB) nacional pasó de 1.6% en 1993 a 3.7% en 2017 con una contribución de 800 mil empleos directos (INEGI, 2018). Los organismos intermedios que fueron creados precisamente para impulsar el desarrollo del sector automotriz fueron las asociaciones civiles conocidas como *Cluster Automotriz* (CA) por lo que preguntamos: *¿cuáles son las acciones que están llevando a cabo las asociaciones civiles conocidas como Cluster Automotriz para impulsar el avance de la manufactura 4.0 en México?*

Para definir las acciones de estos organismos intermedios se adaptó la metodología de ESCA para estudiar los 10 clusters automotrices existentes y se hicieron entrevistas telefónicas con los representantes de los diez organismos bajo estudio.

De acuerdo con lo anterior el tema se desarrolla de la siguiente manera: a) en la primera parte se caracteriza la industria 4.0 presentando los avances e interrogantes que se van planteado con su avance, b) en la segunda se describe de manera sucinta el rol que juegan las asociaciones civiles llamados *Cluster Automotriz* en el desarrollo regional automotriz y d) en la tercera parte se presentan los resultados de la investigación y finalmente las conclusiones.

### Industria 4.0: conceptos y tecnologías para la manufactura

De acuerdo con Basco y cols. (2018) la sociedad está inmersa en la cuarta revolución industrial refiriéndose a un grupo de transformaciones socioeconómicas que implican la transición hacia sistemas ciberfísicos que operan como redes que utilizan la infraestructura de la revolución digital. La primera revolución se dio en Inglaterra a principio del siglo XIX con la máquina de vapor, la segunda inició a principios del siglo XX y fue impulsada por la energía eléctrica, máquinas de combustión interna y cambios organizativos como la producción en masa, la tercera inició con la introducción de la computación y la electrónica en la década de 1970 y en la cuarta revolución conviven una serie de tecnologías que convergen borrando límites entre lo físico, lo digital y lo biológico ocasionando un cambio de paradigma (Schrauf y Bertram, 2016).

Casalet (2018) considera que hay un nuevo paradigma industrial como protagonista de una etapa disruptiva debido a la convergencia de





conocimiento y creación de nuevas áreas. En la manufactura se puede observar el impacto en la cadena de proveeduría digital, la manufactura inteligente, los productos, los servicios y los modelos de negocio digitales y el análisis de datos como competencia central (Schrauf y Bertram, 2016).

El rango de tecnologías que pueden transformar la manufactura es amplio, pero se logra cierto consenso al estudiar las políticas, planes y programas de ciencia y tecnología de diversos países como Japón, Estados Unidos, Alemania, China, Inglaterra entre otros. Los sistemas y tecnologías que sostienen a la Industria 4.0 son los siguientes:

### Sistemas ciberfísicos

Estos sistemas se integran entre máquinas, artefactos y plataformas digitales que comunican máquinas con máquinas y con productos y se hace posible la recolección de grandes volúmenes de datos.

Los sistemas ciberfísicos se forman gracias a la existencia de: i) los sistemas inteligentes, los servicios móviles y la computación ubicua, ii) los procesos de negocios basados en internet, como la tecnología de radio frecuencia para la identificación de dispositivos (RFID, por sus siglas en inglés) utilizados de forma creciente en el comercio y la logística, generalmente subcontratados con proveedores de servicios en la nube, iii) las redes sociales y comunidades (web 2.0), incluidas las redes de conocimiento abierto (*open knowledge*). El avance en la capacidad de almacenamiento y procesamiento de un gran volumen de datos. (Acatech, 2011 citado por Casalet, 2018, p.7).

### El internet de las cosas

El internet de las cosas permite la comunicación entre los sistemas ciberfísicos. Los dispositivos como teléfonos celulares, tablets, computadoras personales, las computadoras de los autos o de la maquinaria pueden conectarse al internet y comunicarse en tiempo real permitiendo el conocimiento inmediato de eventos y mejorando la toma de decisiones. La principal característica es la integración de tecnologías de identificación y seguimiento como los sensores inalámbricos, actuadores integrados, dispositivos portátiles y sistemas digitales de control para rastrear productos (Basco y cols., 2018).

### **Big Data y análisis de macro datos**



La integración de sistemas ciberfísicos y su comunicación mediante el internet de las cosas permitió acumular datos a una velocidad nunca antes vista. La palabra *Big Data* se refiere a un conjunto de datos que por su tamaño requiere de infraestructura y herramientas fuera de lo normal para almacenar y analizar los grandes datos como es *Map Reduce* o *Hadoop*. Estos datos vienen de teléfonos celulares, sensores, cámaras de televisión, satélites, transacciones *Business to Business* (B2B), huellas de retina, dactilares y de voz, datos internos de las empresas como registros de nómina y de producción entre otras. Para poder sistematizarlos, analizarlos y aprovecharlos para la toma de decisiones se impulsó la creación y uso de algoritmos e inteligencia artificial. De esta manera los datos constituyen una nueva fuente de competitividad. *Big Data* mejora el análisis de clientes, los nuevos productos, las campañas publicitarias, sin embargo, la infraestructura necesaria es costosa y las organizaciones necesitan construir instituciones para minimizar los riesgos de adquirir, guardar y analizar estas grandes cantidades de datos.

### **Inteligencia artificial**

La inteligencia artificial (IA) inició su desarrollo hace más de cinco décadas y desde entonces ha tenido un desarrollo constante ya que impacta todas las disciplinas. Haugeland (1988) señaló que la inteligencia artificial es un esfuerzo para hacer pensar a la computadora y Aghion, Jones y Jones (2017, p. 2) la definen como “la capacidad de una máquina de imitar el comportamiento humano inteligente”. La IA impacta la economía al ser utilizada en la producción de bienes y servicios y ha cambiado los procesos por los que se crean nuevas ideas y se resuelven problemas porque aprende de sus decisiones y se mejora a sí misma. Después de tres décadas el uso de la IA en las organizaciones modernas se ha incrementado debido al crecimiento enorme de datos y la necesidad de administrarlos eficientemente. En los últimos años también se ha analizado el efecto positivo y negativo que tiene en el empleo y en el trabajo (Acemoglu y Restrepo, 2018).

### **Computación en la nube**

Mell y Grance (2011, p.3) señalan que “la computación en la nube es un modelo de servicio que permite el acceso a la red de un conjunto de



recursos informáticos (servidores, almacenamiento, servicios y aplicaciones) de forma ubicua y bajo demanda”. El modelo se compone de cinco características esenciales (Mell y Grance, 2011, p.3): a) el servicio se provee bajo demanda sin interacción humana, b) hay acceso a una red amplia de plataformas mediante mecanismos estándares, c) los recursos de diferentes proveedores como almacenamiento, procesamiento, memoria, ancho de banda, etc. se ponen al servicio de los consumidores y únicamente se pueden ubicar a nivel de un país, de un estado o de un centro de datos, d) hay elasticidad en el uso de los servicios y de capacidades por lo que éstas pueden escalarse dependiendo de las necesidades del cliente, e) el servicio se mide controla y optimiza automáticamente para lograr claridad en el costo de los servicios La computación en la nube apoya a la fábrica inteligente ya que son recursos compartidos de uso elásticos respecto al espacio de almacenamiento o la capacidad de cómputo que pueden usarse en el manejo de *Big Data*.

### La manufactura aditiva también conocida como impresión 3D

La manufactura aditiva es “el proceso de unir materiales para formar objetos tridimensionales a partir de modelos digitales de computadora usando una máquina. El proceso se realiza capa por capa y generalmente se utiliza para hacer prototipos o piezas únicas. (Wohlers y Caffrey (2013), citado por Arcos-Novillo y Güemes-Castorena, 2017, p. 1). La primera patente de manufactura aditiva se otorgó en 1986 y la difusión de la tecnología ha sido lenta. Sin embargo, en el último lustro se ha hecho especialmente popular porque las máquinas para hacer *3D printing* han reducido su precio y se han probado sumamente útiles en la fabricación de prototipos reduciendo el tiempo y costo de los mismos. También permiten fabricar piezas únicas y adaptadas al cliente en poco tiempo. Todo esto acarrea un gran cambio en el sector de bienes de capital especialmente en la fabricación de moldes y troqueles y la elaboración de herramientas.

### Realidad virtual y aumentada

Realidad virtual es el término usado para describir ambientes de tres dimensiones generados por computadora que pueden interactuar con una persona. La persona es parte del mundo virtual o está inmersa y puede manipular objetos o desempeñar acciones (Kuang-Hua, 2014). La realidad aumentada es un área de la realidad virtual y combina la escena





real vista por el usuario con una escena virtual generada por la computadora (Rubesh, 2006). Debido a que la innovación se hace cada vez más dinámica, los ciclos de vida de los productos se hacen más cortos y los procesos de manufactura son más complejos, las empresas han adoptado esta tecnología para planear los sistemas de manufactura y reducir tiempo y costo. La interfaz de realidad aumentada se usa para apoyar el proceso de planeación de sistemas de manufactura complejos y para capacitar al personal.

### La robotización de la producción

La robotización de la producción se ha acelerado en el mundo y actualmente se tienen 74 robots por cada 10 mil empleados en la industria manufacturera. Analizando por región Europa ocupa el primer lugar con 99, América 84, y Asia 63 robots. Sin embargo, Asia es la región que creció más rápido en el año 2017. Cuando se considera por país el primer lugar de robots por trabajador lo ocupa Corea del Sur, seguido por Singapur, Alemania, Japón, Suiza, Dinamarca, Estados Unidos, Italia, Bélgica y Taiwán (World Robotics Federation, 2017). Los robots iniciaron desde hace varias décadas en la planta de manufactura, especialmente en trabajos difíciles como soldadura y limpieza. En el último lustro los robots cognitivos conocidos como *Cobots* han aumentado en la fabricas de manufactura y están siendo integrados al sistema de producción permitiendo su interacción con humanos. Su uso dentro de las plantas se ha extendido y actualmente encontramos robots que asisten los procesos de manufactura aditiva (Urhal y cols. 2019).

### Elementos teóricos para el análisis de las organizaciones conocidas como *Cluster* Automotriz

Las iniciativas de *cluster* (IC), también conocidas como *Cluster* Industrial y en nuestro caso *Cluster* Automotriz, son esfuerzos organizados para incrementar el crecimiento y la competitividad de los *cluster* que ya se han formado o están en formación. Estas organizaciones agrupan a las empresas, a representantes del gobierno y a miembros de la comunidad científica, la mayoría tiene un facilitador o gerente, una estructura organizacional, oficinas en donde operar y financiamiento.

Pacheco-Vega (2007) distingue los *clusters* naturales o espontáneos que se dan como consecuencia de la evolución histórica de una región, los *clusters* forzados o inducidos que se dan como consecuencia de la



política industrial de un país y los *clusters* naturales que además cuentan con agentes promotores del *cluster*, categoría en la que estarían los CA bajo estudio.



Entre los aspectos positivos y negativos del *cluster* natural Marshall (1920), Hoover (1937) Rabellotti (1995) y Porter (1988, 2000) (citados en Pacheco-Vega, 2007, p.683) aportan evidencia a favor sobre los beneficios colaterales de la aglomeración geográfica e indican que la proximidad permite el desarrollo de instituciones, el suministro constante y confiable de bienes intermedios, las economías de escala externas y la disminución de costos de transporte. Porter (1988) y Harrison (1992) (citados por Pacheco-Vega, 2007, p.685 y p. 689) coinciden que hay interdependencia de empresas, competencia cooperativa, credibilidad y confianza, en tanto que Grandinetti y Tabacco (2003) (citado por Pacheco-Vega, 2007, p.700) acentúan la atención en los mecanismos de transmisión de conocimientos. El autor concluye que el análisis crítico también considera aspectos negativos del *cluster* como el aumento de la competencia entre empresas por la mano de obra y por los clientes que las puede llevar a un comportamiento predador, la sobre-especialización de la economía y las probabilidades de que la región colapse si hay condiciones adversas como fue el caso de Detroit, Michigan, en la gran crisis de 2008.

Los *clusters* naturales que cuentan con agentes promotores o IC intervienen de manera decisiva en la formación de la agenda pública por lo que en este trabajo se supone que los IC son las organizaciones que tienen que plantear las necesidades y planes para desarrollar la industria 4.0 en la industria automotriz en México.

Sólvell, Lindqvist y Keteles (2003) examinaron las prácticas para organizar e implementar las IC con el objetivo de determinar los factores que conducen a su buen desempeño. Encuestaron a 250 asociaciones, estudiaron casos a profundidad y construyeron un modelo con cuatro componentes para analizar su desempeño: el marco sociopolítico y económico establecido dentro de la nación, los objetivos del *cluster*, el proceso mediante el cual el *cluster* se desarrolla y su desempeño medido por la competitividad, el crecimiento y el cumplimiento de metas. El estudio encontró que las IC aparecen más frecuentemente en las economías desarrolladas y en transición, tienden a enfocarse en áreas tecnológicas y surgen en donde el gobierno tiene una fuerte política de



promoción de ciencia e innovación. Les afecta el proceso por el cual se inicia, se financia y se organiza. Sus principales objetivos tienen que ver con la expansión del *cluster*, la innovación y la tecnología, la educación y el entrenamiento, la cooperación comercial, el cabildeo y la investigación y la formación de redes. Cada IC tiene su propio ciclo de vida que está separado del ciclo de vida del *cluster* dependiendo de si fue creado en las etapas tempranas del *cluster*, pero es más común que la IC hay iniciado después de que el *cluster* haya sido formado. Las IC que son propuestas por las empresas de la industria tienen problemas para comprometerse con los gobiernos, y viceversa, las IC que son creados por iniciativa del gobierno tienden a reprimir el compromiso de la industria, pero la permanencia está relacionada con la participación de los miembros. Las IC que están bien financiados tienen más posibilidades de alcanzar ciertos objetivos como promover *spin offs*, entrenamiento técnico y proyectos de infraestructura.

#### **Las asociaciones civiles que son iniciativas de *cluster* y se conocen como Cluster Automotriz en México (CA)**

En México la creación de CA puede considerarse una estrategia de desarrollo regional iniciada hace poco más de una década, apoyada por el gobierno de los estados, la Secretaría de Economía y los *clusters* naturales existentes. Los *clusters* del sector automotriz en México son considerados *hubs* o estado-céntricos. De acuerdo con Markusen (1996 citada en Pacheco-Vega, 2007, p. 686) Los *hubs* tienen estructuras concéntricas en donde existen empresas ancla que acaparan las relaciones con proveedores, clientes e instituciones y los estado-céntricos son estructuras desarrolladas por el gobierno como es el caso de Guanajuato que atrae empresas ancla y posteriormente tiene una gran influencia en el desempeño del *cluster*. En el sector automotriz la creación de CA inició con el *Cluster Automotriz de Nuevo León* en 2007, actualmente nueve de ellos conforman la red: Nuevo León, Guanajuato, Estado de México, Zona Centro (Puebla y Tlaxcala), Coahuila, Chihuahua, Querétaro, Jalisco y San Luis Potosí.

En esta ponencia presentamos los resultados de entrevistas realizadas con personal de los cluster automotrices. Se realizó una llamada telefónica y se envió un correo electrónico dando información de la investigación. Se entrevistaron miembros de siete CA: tres Directores Generales, un director general del consejo de ciencia y tecnología, un





director técnico, un miembro del comité de mejora continua sistemas de calidad y capacitación y otro de compras e innovación tecnológica. La descripción de la entrevista está centrada en las actividades que realiza el CA para promover la industria 4.0 entre sus asociados. En esta ocasión damos un resumen generalizado de los resultados.

Los CA son heterogéneos, aquellos con más tiempo funcionando son los que han realizado más actividades en favor de la industria 4.0 pero todos tienen la opinión que hay que desarrollar primero una cultura empresarial.

Hay CA que ya están inmersos en una cultura empresarial y por lo tanto los principios y requerimientos de industria 4.0 son incluidas sistemáticamente en un esfuerzo estatal por permanecer actualizadas con respecto a la economía digital. En otros el impulso para establecer tecnologías de industria 4.0 vienen de las multinacionales automotrices que saben qué es lo que necesitan y plantean sus necesidades y formas de cubrirlas.

El modelo de triple hélice es mencionado en varias ocasiones para referirse a la colaboración que tienen con centros de investigación, universidades y tecnológicos. Cada uno de ellos aporta para resolver las necesidades de operación dependiendo de sus capacidades, especialmente les interesa la formación y la oferta educativa. Los CA hacen la vinculación respectiva para que las instituciones educativas adquieran conocimientos sobre las capacidades y habilidades que necesitan desarrollar en el capital humano. Consideran crítico tener el talento y además desarrollarlo de manera continua. Los CA han identificado que se requieren más personas estudiando programación, lógica, matemáticas, idiomas. En este sentido, algunos CA facilitan esquemas de tecnificación de áreas esenciales para la formación, capacitación y adiestramiento pertinente en la industria **atendiendo** las necesidades de actualización de docentes y alumnos como su principal objetivo, todo esto bajo una vinculación asertiva con empresas con vocación automotriz.

Consideran que el papel de las grandes empresas es aportar información con respecto al rumbo que deben tomar sus acciones y las de sus socios Pymes. En ocasiones pueden aportar capital, pero también información para bajar fondos de diferentes organismos nacionales e internacionales.





El gobierno ha participado, coordinado y aportado fondos para la creación de los CA y esperan que en un futuro puedan continuar con las acciones de cabildeo y tengan respuestas positivas para mantener la competitividad. En el gobierno anterior, refiriéndose al periodo presidencial 2013-2018, se designaron los sectores estratégicos y hubo un apoyo importante, pero actualmente están en espera de que el gobierno federal y estatal defina su rumbo.

El Prosoft es un programa de apoyo a las tecnologías de información y también apoya industria 4.0, es una forma de intervención del gobierno federal. Otros entrevistados opinan que la política industrial no apoya a la industria 4.0 porque el gobierno no invierte suficiente en investigación y desarrollo y en la promoción de empresas tecnológicas.

Algunos entrevistados consideran que en el contexto de México lo primero que se debe desarrollar es la cultura empresarial antes de introducir temas de industria 4.0 debido a que es el cimiento de cualquier desarrollo tecnológico o automatización. Las empresas multinacionales asociadas al CA *no* suelen tener problemas con los temas relacionados con la industria 4.0 ya que todo su desarrollo proviene de un corporativo extranjero y no requieren apoyo con este asunto, es por eso que las acciones del CA en este sentido son para el desarrollo de proveedores locales.

Los CA tienen comités de tecnología y varios tienen subcomités de innovación dentro del Comité de Proveedores. Esto lo hacen para detectar las necesidades de proyectos de innovación y tecnología para que la proveeduría local pueda cubrir esas áreas de oportunidad. No existe un objetivo general en el que se centran las empresas proveedoras, de acuerdo a las necesidades que se presentan se siguen diferentes opciones.

Los CA colaboran con diferentes instituciones académicas y de capacitación para formar al capital humano especializado en aspectos técnicos. Dentro de algunos CA se implementan, para las empresas locales que proveen a la industria automotriz, las siguientes acciones o actividades: a) Gestor de Proyectos, esta es una plataforma interactiva, donde las empresas transaccionales suben sus necesidades específicas para desarrollar un proyecto y se busca principalmente que lo desarrolle la empresa proveedora local. Este proyecto puede ser de innovación tecnológica o de localización de proveeduría especializada b) Centro





de Tecnología Automotriz, este proyecto está realizándose en colaboración con un instituto Conacyt para crear instalaciones que se dediquen a ejecutar pruebas y desarrollar proyectos de innovación para empresas que no cuentan con un centro de desarrollo tecnológico y buscan desarrollar proyectos para la industria automotriz c) Promoviendo la cultura empresarial: Como se menciona antes, no se puede avanzar en temas de la industria 4.0 si antes las empresas no tienen una cultura empresarial y organizacional bien establecida, por lo que las acciones del CA en este sentido son: realizar capacitaciones, cursos para desarrollar la cultura en las empresas y para que adapten su forma de pensar hacia una mejora continua en sus organizaciones.

Otro de los CA ha hecho una implementación de un grupo de trabajo sobre industria 4.0 entre sus asociados. Los proyectos de innovación, formación y transferencia de conocimiento tecnológico de la industria 4.0 para el sector automotriz, laboratorios de diseño para impresión 3D y robótica con una empresa especializada que además es socia del CA.

### Conclusiones

El objetivo de este trabajo fue conocer la figura de las asociaciones civiles llamadas *Cluster Automotriz (CA)* y sus acciones para impulsar el avance de la manufactura 4.0 en México. Encontramos que los CA son esfuerzos organizados para incrementar el crecimiento y la competitividad de los *cluster* que ya se han formado o están en formación. Estas organizaciones agrupan a las empresas ancla y a los proveedores, a representantes del gobierno y a miembros de la comunidad científica y académica, tienen un facilitador o gerente, una estructura organizacional, oficinas en donde operar y financiamiento. Con respecto a sus acciones para impulsar la industria 4.0 podemos concluir que los CA están realizando algunas acciones entre sus miembros, especialmente con las Pymes. Esto lo hacen mediante proyectos específicos como son congresos, cursos, guías tecnológicas o mediante los comités de proveedores para cubrir una necesidad de modo preciso. Hay mucho trabajo que los CA realizan que no tiene que ver con el impulso a industria 4.0, pero están interesados en que sus afiliados tengan una buena comunicación respecto a sus necesidades. Las grandes multinacionales aparecen como las instituciones que influyen para difundir estas tecnologías y son las que dan dirección para la formación de mapas de ruta tecnológicos, pero aún estas empresas



están iniciando. Los CA son uno de los múltiples factores relacionados en el ecosistema de innovación en México por lo que es necesario explorar las acciones de otros actores para poder conocer la situación actual y la perspectiva de desarrollar la industria 4.0 en México.



## Referencias

Acatech, National Academy of Science and Engineering (2011). Cyber-physical systems: Driving force for innovation in mobility, health, energy and production. Acatech Ed. Munich. Pp. 48. Retrieved June 2019 from [https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech\\_POSITION\\_CPS\\_English\\_WEB-1.pdf](https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_POSITION_CPS_English_WEB-1.pdf)

Acemoglu y Restrepo (2018). Artificial intelligence, Automation and Work. The National Bureau of Economic Research, working papers, Cambridge, MA. Retrieved June 2019 from <https://www.nber.org/papers/w24196>

Aghion, P., Jones, B., Y Jones, C. (2017). Artificial intelligence and economic growth. National Bureau of Economic Research. Working papers, no. w23928. Cambridge, MA.

Arcos-Novillo y Güemes-Castorena (2017). Development of an additive manufacturing technology scenario for opportunity identification: The case of Mexico. *Journal of Futures*, 90, 1-15. Retrieved June 2019, from journal homepage: [www.elsevier.com/locate/futures](http://www.elsevier.com/locate/futures).

Basco y cols. (2018). *Industria 4.0 fabricando el futuro*. Banco Interamericano de Desarrollo, Argentina.

Casalet (2018). *La digitalización industrial: un camino hacia la gobernanza colaborativa*. CEPAL, Naciones Unidas, Santiago, pp 79.

Grandinetti, R. y R. Tabacco (2003). *Formation and Evolution of Industrial Districts: a Knowledge-based Perspective for Industrial District Research, Reinventing Regions in a Global Economy*. Regional Studies Association, International Conference, Pisa, Italia.



Harrison, Bennett (1992). Industrial Districts: Old Wine in New Bottles? *Regional Studies*, vol. 26, núm. 5, pp. 496-483.

Haugeland (1988). *Inteligencia artificial*. Siglo XXI editores, 4 edición, México. pp.255.

Hualde A. (2018). La automatización de los procesos productivos: ¿panacea o amenaza? *Puentes*, vol. 19, no.2 recuperado de International Center for trade and sustainable development, recuperado en junio de 2019 de <http://WWW.ictsd.org.bridges-news>

Hoover Jr., y Edgar M. (1937). *Location Theory and the Shoe and Leather Industries*. Cambridge, Ma., Harvard University Press.

INEGI (2018). Conociendo a la industria automotriz. Colección de estudios sectoriales regionales, México.

Kuang-Huang (2014). Product Design Modeling Using CAD/CAE. Retrieved June 2019 from <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/virtual-reality>

Markusen, Ann R. (1996). Sticky Places in Slippery Space: a Typology of Industrial Districts, *Economic Geography*, vol. 72, núm. 3, pp. 293-313.

Marshall A. (1920). *Principles of Economics*, London: Macmillan.

Mell y Grance (2011). The National Institute of Standards and Technology (NIST) definition of cloud computing. US Department of Commerce. Special Publication 800-145. Retrieved June 2019 from <http://faculty.winthrop.edu/domanm/csci411/Handouts/NIST.pdf>

Pacheco-Vega (2007). Una crítica al paradigma de desarrollo regional mediante *clusters* industriales forzados. *Estudios Sociológicos*, vol. XXV, núm. 75, septiembre-diciembre, 2007, pp. 683-707. Distrito Federal, México.





Porter, M. (2000). Location, Competition and Economic Development: Local *Clusters* in a Global Economy. *Economic Development Quarterly*, vol. 14, núm. 1, pp. 15-34.

Porter, M. (1988). Clusters and the New Economics of Competition, *Harvard Business Review*, vol. 76, no. 6, pp. 77-90. MA.

World Robotics Federation (2018). Press release, 18 de February, Retrieved from <http://www.ifr.org/>.

Rubesh, A. (2006) Proceedings from the International Conference on Advances in Engineering and Technology, Retrieved June 2019 from <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/augmented-reality>

Rabellotti, R. (1995). Is There an 'Industrial District Model'? Footwear Districts in Italy and Mexico Compared, *World Development*, vol. 23, núm. 1, pp. 29-41.

Schrauf y Bertram (2016). Strategy and Industry 4.0, Price WC. Recuperado en junio de 2019. <https://www.strategyand.pwc.com/report/digitization-more-efficient>

Sólvell, Lindqvist y Keteles (2003). The cluster initiative Greenbrook. Ivory Tower, Estocolmo, Retrieved in June 2019 from <https://www.hhs.se/contentassets/f51b706e1d644e9fa6c4d232abd09e63/greenbooksep03.pdf>

Urhal y cols. (2019). Robot assisted additive manufacturing: a review. *Robotics and Computer-integrated manufacturing*, volume 59, p335-345. Retrieved June 2019 from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0736584518303636>

Wohlers, T. and Caffrey, T. (2014). Wohlers Report 2014: 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry. Annual Worldwide Progress Report. Wohlers Associates.

Yzunza Cortés y cols. (2017). El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras. *Conciencia Tecnológica*,



núm. 54, 2017, Instituto Tecnológico de Aguascalientes. México.  
Recuperado de  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94454631006>

