Alex Covarrubias V.

Profesor-Investigador Titular de El Colegio de Sonora e y miembro del SNI Nivel II. Doctor por The New York School of Industrial & Labor Relations de Cornell University. Ha realizado estancias de investigación y trabajo como Profesor Visitante en IES de Norteamérica, Latinoamérica y Europa, como CEBRAP, Brasil; Ecole Normale Superieure, Francia; y MacMaster University, Canadá. Forma parte de redes de investigación internacionales como Geepisa; SASE; LASA; ALAST, Electromobility AP Conference y CRIMT. Sus áreas de interés son sistemas de innovación y empleo en el sector automotriz y sistemas alternativos de movilidad. Actualmente es coordinador de la Red ITIAM (Red Innovación y Trabajo en la Industria Automotriz Mexicana) y Presidente de la Mesa Directiva de la AMET (Asociación Mexicana de Estudios del Trabajo).

La incorporación cada vez más generalizada de dispositivos inteligentes de comunicación e información para conectar componentes y funciones, así como la búsqueda permanente de energías limpias para producir motores alternativos que sustituyan a los de gasolina convencionales, ha dado paso a la producción de automóviles híbridos y eléctricos, con miras a la producción de los llamados vehículos autónomos e inteligentes. Lo anterior está implicando poner especial y mayor atención en los procesos de innovación, en la interconectividad funcional de las cadenas de valor global, en las fallas y errores de manufactura asociados con los sistemas de calidad, en los métodos de capacitación del trabajo, en las regulaciones ambientales asociadas con el mercado, y en las implicaciones sociales de los modelos de relaciones laborales que combinan estándares de contratación de bajo perfil salarial con alta eficiencia del trabajo.

Para los estudiosos del fenómeno automotriz asociados a la Red ITIAM, los aspectos anteriores representan una oportunidad excepcional de análisis que asumimos con especial interés en este libro. Con ello intentamos producir diagnósticos certeros, propiciar el debate y formular propuestas de impacto encaminadas a generar conocimiento y soluciones viables para el sector, que al mismo tiempo contribuyan a solidificar los vínculos que en los años recientes hemos venido estableciendo con redes y entidades de trabajadores, empresarios y funcionarios de gobierno involucrados con el destino de esta industria.

AM EDITORES · CIAD · EL COLEGIO DE SONORA · ITIAM

ISBN 978-607-437-428-6

Rumbo al auto del futuro. Innovación, sistemas de calidad y trabajo en la industria automotriz de México.

CIAD · AM EDITORES

CIENCIAS SOCIALES

Rumbo al auto del futuro

Innovación, sistemas de calidad y trabajo en la industria automotriz de México

Coordinadores:
Sergio A. Sandoval Godoy
Alex Covarrubias V.

Sergio A. Sandoval Godoy

Investigador titular de la Coordinación de Desarrollo Regional del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, CIAD, A. C., Hermosillo, Sonora, México. Licenciado en Economía con grado de maestría en Ciencias Sociales, Estudios Regionales por El Colegio de Sonora y maestría y doctorado en Ciencias Antropológicas por la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa, Ciudad de México. Es integrante del Sistema Nacional de Investigadores Nivel II y director de la revista Estudios Sociales, adscrita al Sistema Nacional de Clasificación de Revistas Científicas y Tecnológicas del Conacyt, con reconocimiento internacional. Entre sus líneas de investigación destacan el estudio de los modelos productivos de la industria manufacturera del norte de México, con énfasis en los problemas de integración regional, apertura comercial y especialización productiva. Es miembro de redes de investigación internacionales en temas de seguridad alimentaria, desarrollo regional e industria automotriz; además de ser autor de poco más de 120 publicaciones, entre las que destacan libros coordinados y de autoría propia, capítulos de libros especializados y artículos indizados en revistas nacionales e internacionales.

Rumbo al auto del futuro.
Innovación, sistemas de calidad y trabajo
en la industria automotriz de México

Rumbo al auto del futuro.
Innovación, sistemas de calidad y trabajo en la industria automotriz de México

Coordinadores:
Sergio A. Sandoval Godoy y Alex Covarrubias Valdenebro

AM EDITORES
CLAVE editorial academia•investigación
CIAD
EL COLEGIO DE SONORA
ITIAM Red Innovación y Trabajo en la Industria Automotriz Mexicana

Diseño y producción editorial

Conacyt
Registro Nacional de Instituciones
y Empresas Científicas y Tecnológicas
Registro: 2016/17732

Dirección del proyecto: Carlos Herver Díaz, Esther Castillo Aguilar,
José Eduardo Salinas de la Luz
Producción: Laura Mijares Castellá
Arte: Armando Cervantes Moreno, Paulina Cordero Mote,
Laura Isabel Soler Navarro
Preprensa: José Luis de la Rosa Meléndez
Corrección de estilo: Adriana Guerrero Tinoco
Diseño y formación de interiores: Aarón González Cabrera

Rumbo al auto del futuro. Innovación, sistemas de calidad y trabajo en la industria automotriz de México
© Sergio A. Sandoval Godoy y Alex Covarrubias Valdenebro (coordinadores)

D. R. © 2017 El Colegio de Sonora
Obregón 54, Centro, C. P. 83000
Hermosillo, Sonora, México
http://www.colson.edu.mx

D. R. © 2017 Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C.
Comité Interno Científico Editorial de Publicaciones (CICEP)
Carretera a La Victoria km 0.6 C.P. 83304
Hermosillo, Sonora, México.
http://www.ciad.mx

1ra. edición
©2017, Fernando de Haro y Omar Fuentes

CLAVE EDITORIAL
Paseo de Tamarindos #400 B, suite 109
Col. Bosques de las Lomas, C. P. 05120, México, D. F.,
Tel: 52(55) 5258 0279/80/81, Fax: 52(55) 5258 2556
ame@ameditores.com www.ameditores.com
ecastillo@ameditores.com

ISBN: 978-607-437-428-5 (AM Editores)
ISBN: 978-607-7900-32-0 (CIAD)
ISBN: 978-607-8480-94-4 (El Colegio de Sonora)

Ninguna parte de este libro puede ser reproducida, archivada o transmitida en forma alguna o mediante algún sistema, ya sea electrónico, mecánico o de fotorreproducción, sin la previa autorización de los editores.

Impreso en México.

Índice

Summary of the book 11

Introducción general 19

Primera parte
Desarrollo de clústers y complejidad productiva: fundamentos y problemática rumbo a la producción del auto inteligente

Capítulo 1
A booming industry trapped in the oil era.
Locked in mechanisms of the Mexican Auto Industry
and a proposal to open them 29
Alex Covarrubias Valdenebro

Capítulo 2
El *boom* de la Industria Automotriz en México.
Oportunidades y desafíos frente a las cadenas de valor global 59
Jorge Carrillo

Capítulo 3
Ciudades inteligentes, *big data* e industria automotriz 79
Lourdes Marquina Sánchez, María de Lourdes Álvarez Medina

Capítulo 4
El auto inteligente: evolución e impacto social
más allá de un nuevo paradigma del transporte 99
Federico Cirett Galán, Raquel Torres Peralta

Segunda parte
Progresión y límites de los sistemas de calidad e innovación automotriz en la era del conocimiento

Capítulo 5
Fallas de calidad en empresas automotrices y su relación con los sistemas de manufactura 131
Ricardo Melgoza Ramos

Capítulo 6
Complejidad de manufactura e inspecciones de calidad en función del error humano en una ensambladora automotriz 147
Francisco Octavio López Millán, Martha Estela Díaz Muro, Enrique Javier de la Vega Bustillos, Diana Lucía Acuña Fimbres

Capítulo 7
Procesos de innovación en la planta Ford de Hermosillo: centros de responsabilidad regional y gestión del conocimiento (1986-2016) 163
Sergio A. Sandoval Godoy

Capítulo 8
Las empresas exitosas en la red de proveeduría de la Ford-Hermosillo. *Kinematics*, un estudio de caso 197
Paula C. Isiordia-Lachica, Alejandro Valenzuela, Ricardo A. Rodríguez Carvajal

Capítulo 9
Determinantes de las prácticas organizacionales de innovación ambiental en el sector automotriz mexicano: entre la manufactura sustentable y el (des) control de emisiones en diseño 215
Humberto García Jiménez, Alex Covarrubias V.

Tercera parte
Alta productividad con bajos salarios: los escenarios del modelo de relaciones laborales

Capítulo 10
Unionism, labor relations and financial earnings 253
Arnulfo Arteaga García, Aurora Marcial Flores, Carlos Ramos Hernández

Capítulo 11
El futuro de la industria automotriz en México desde la perspectiva de los trabajadores. 277
Graciela Bensusán Areous

Summary of the book

In less than three decades, the adaptation and perfecting of the technical scientific advances in the area of automobile production have brought about new spaces of innovation for the auto assemblies and a permanent avenue in the renewed and diversified search for profit sources. Everything appears to indicate that the recent innovation activity has resulted in a combination of interlaced, trending and long-term organizational skills and management decisions, which determine the differential capability and obtaining dynamic competitive advantages among businesses; as much for the way they acquire, assimilate, transform, assimilate and exploit the knowledge but for the accumulated experience among them. These evolutions have run parallel —even though with multiple points of inter-connection— to a group of technological transitions that at this time reach degrees of disruptive confluence. We refer to the digital and additive manufactured and smart technologies, now powered by what has come to be called Industry 4.0, the Internet of Things (IoT), and the interfacing of machines, men and infrastructure determined by mining and the handling of large data in unknown scales.

From there that the incorporation that is more generalized each time by intelligent communication and information devices to connect components and functions, as well as the on-going search for clean energy to produce alternative engines that take the place of the conventional gasoline ones, has given way to the production of hybrid and electric automobiles, with a goal of producing so-called autonomous and smart vehicles. The migration of conventional autos towards others of greater complexity implicates, nonetheless, paying special and greater attention to the functional interconnectivity to the chains of global value, to the manufacturing failures and errors associated to the quality systems and to the methods of job training, to the environmental regulations in relation to the market, and to the social implications of the labor relations models that combine contract standards of a low wage profile with the high efficiency of the work. The manner of attending to these and many other aspects that are derived from those that are dynamically productive and technological in transition in a stage where the complexity of manufacturing systems constitutes the recognized

feature, could establish marked differences of productivity and competiveness among assemblers with the objective toward the future auto.

Mexico is part of this new reality, which is lived by vehicle assemblers around the world. Thus, for those that study the automotive phenomena, and in particular, for the scholars and researchers associated with the Innovation and Work in the Mexican Automobile Industry Network (ITIAM Network), the above-mentioned factors represent an exceptional opportunity for analysis that we undertake with special interest in this book. With such, we intend to produce accurate diagnostics, foster the debate and formulate proposals with an impact toward generating knowledge and viable solutions for the sector, and, at the same time, contribute to solidify the links that in recent years we have come to establish with networks and entities of employees, businessmen and government officers involved with the destination of this industry.

It should be pointed out that in Mexico, the automobile industry has been scaling into a position of world leadership and strengthening as a dynamic field and in constant growth. At present, it occupies first place as a producer of vehicles in Latin America, seventh at a global level and fourth in the world in the category of export. In 2015, for its contribution to the PIB manufacturer (18.3%),it represented the second most important field after the food industry (22.6%), with an impact on 157 of the economic fields of the 259 that are recorded for the entry of product input in Mexico. Presently, it operates in 11 federative entities with 18 complexes of light vehicles and motors, and generates direct and indirect employment of around 1.8 million in all branches. It is one of the few fields, which in this century records a surplus commercial balance and a growing income by Direct Foreign Investment (IED). In this last category, between 2000 and 2015, 44 billion dollars were made, which represented 11% of the total of the IED of the country.

This is the setting that serves as the context for the three sections and the twelve chapters that are included in this book. Five linked topics are addressed, which underline the importance of this field in Mexico, and it should be stated, require a greater treatment by the scholars: The chains of global value and their relationship to corporate leadership; innovation and the flaws in quality associated with the complexity of the manufacturing systems; the environmental regulations and their relationship to the market; the new technological computer and communication methods used for the design of the smart auto; and finally, the model for labor relations and the perception that the workers have about their inclusion in the sector.

The first section begins with a chapter by Alex Covarrubias where he highlights the place that Mexico occupies in the transition of the industry toward the technology of alternative mobility and disruptive innovations, which define the new

leadership in this century. He demonstrates that the Automobile Industry of Mexico is trapped in the era of petroleum by the measure it produces and commercializes vehicles with internal combustion motors (MCI) corresponding to the technological paradigm of the XXth Century. He shows that this is due to, among others: *a)* the high dependency on the American market, to which is assigned the production of MCIs, several of these in the category of "gas-guzzlers"; *b)* the OEMs use Mexico to apply a technological strategy and a fragmented innovation and step by step ("piecemeal"), the problem solutions and improvement of the old paradigm of MCI; and *c)* the OEMs see in Mexico an ideal place to apply Porter's first strategy to bring about a competitive advantage; this is the compression of costs. Immediately, the author asks himself how Mexico could make the transition of paradigm. He proposes that an avenue could be found in the linkage of the IAM with the industry of clean energy, taking advantage of the abundant natural resources of the country.

Some of these ideas are reinforced in the chapter by Jorge Carrillo, where the importance of global manufacturing in Mexico, starting with the official information over the evolution of the automobile industry and the results of empirical studies on its participation in the chains of global value. Emphasis is made that the key of the strategy of the governments to support this industry, from more than 20 years ago, has been the establishment of a regional focus, fundamentally statewide, directed to the formation of industrial *clusters*. However, it is pointed out that the increase of the IED and the "*clustering*" has among its limitations, which include a few production sectors, a basis fundamentally on low costs, low wages and that the local links and the coordination of the ecosystems are still weak and fragile. The previously stated allows the assertion that if the development of automobile industry has followed a process of industrial or economic upgrading, it should be recognized that there are important challenges that have not been overcome. There is an explanation in the fact that the businesses linked to the chains of global value do not follow the linear process of upgrading and only cover about 25-30% of the export businesses in Mexico and less than 20% of the employees. Consequently, the conclusion is drawn that the tendency toward advanced manufacturing in Mexico, characterized by the technological convergence of several sectors, is still lagging in comparison to developed countries.

The next two chapters refer to the innovative efforts and abilities of the assemblers who offer transportation prototypes that are the answer to the new needs for the mobility of the users who have come to depend more and more on the information and knowledge. The work of Lourdes Marquina and Maria de Lourdes Alvarez proposes to explain the evolution of the technological convergence in the sector of the TIC, up to the conceptualization of the "Internet of Things" and

its application in the automotive sector; an industry expected to have a strong revitalization starting with the manufacturing of smart autos. An interconnection among objects is established and among these with the people and the organizations, the volume of data that circulates in cyberspace is increasing in an exponential manner, which is why the security and the economic growth beginning with the generation of great volumes of information are becoming relevant topics for businesses, governments and citizens. The technological convergence between the automotive sector and the TIC is giving way to new processes of innovation for the generation of large quantities of data at a world level, as well as new challenges in terms of regulations and institutional frames to assure the interoperability among the machinery. Next, in the chapter by Federico Cirett and Raquel Torres, the beginning and history of the smart auto is explained as well as its implications for Mexico. Projects where it was attempted to create a vehicle with these features since the middle of the XXth century are highlighted, as well as the differences between semi-autonomous and autonomous vehicles with an aim to future production. Possible changes that would bring this technology to the different areas of the population are analyzed, particularly regarding the revolution of public transportation. This implies, according to the authors, not only begins a debate about the new requirements and schemes to allocate the new technology, but also, analyzes all the levels of repercussions that should be foreseen by the government and the people to take action and prepare for the great changes.

In spite of the effort by the assemblers to be a step ahead of the challenge by a more demanding and sophisticated market, it is clear that the manufacturing problems that they face are still innumerable. The work of Ricardo Melgoza presents an analysis of the recurrent errors in quality that cause massive recalls that begin in the manufacturing process of vehicles, some of which have involved scandals that contribute to the discredit of the firms and the loss of multimillions. An analysis is made of the flaws in automobile quality that in the last ten years have caused the assemblers to recall vehicles in order to modify the original components. To document the cause of the flaws, a check of the systems and the quality certification process is made in the assembly plants and the systems that provide the supplies to Tier 1 and Tier 2, to determine if the flaws correspond to the manufacturing process in the automobile plants, or if they are found in the design of the part, causing a diffusion of quality in the assembly plant. In the same manner, they check to see if there is some correlation between the financial performance of the main assemblers and the errors in the massive quality that have been recorded in the last decade.

With a similar purpose, even more directed toward the analysis of the plant, the chapter by Francisco Octavio Lopez, Martha Estela Diaz, Enrique Javier de

la Vega and Diana Lucia Acuña, address the problems of inspection of quality in a vehicle assembler located in northern Mexico. For starters they address the growing complexity that characterizes the manufacturing of autos of all types, forced by the incorporation of numerous innovations and devices venturing into the systems of info-training, the systems of synchronization with cell phones, music reproducers, hands free, GPS and another great number of components. It is argued that the increase in the complexity of manufacturing has become a real jig-saw puzzle for the manufacturer, not only for design implications but because they are translated into major demands in the security systems and the satisfaction of the users. On this basis, we intend to prove that if in fact, the assembly of the components in each vehicle has quality control systems to avoid errors, defects or control of flaws, it is clear that the human factor seen through quality inspection, which includes visual, aural or tactile abilities to identify defects, combined with time restrictions that are imposed by the manufacturing of the product, continues being the focus of attention of the quality control systems to overcome traditional processes of trial and error within the factory.

In the next chapter by Sergio A. Sandoval, continuing the analysis at the level of the plant, he identifies and links said problems with the trajectory that have been followed in the processes of innovation by some assemblers. In the case with which we are dealing, he analyzes Ford in Hermosillo beginning with three factors: the different capabilities of absorption and the term of knowledge; the factors of proximity between providers and the assembler; and the types and characteristics of innovation, all this, associated with an experimental component based on the contingency factors on which the productive model is developed. He tries to prove that the processes of innovation are built on three strategic lines: creation and redesign, the instrumentation of new methods of absorption and term of knowledge, and the automation of the equipment and the manufacturing process; the same that take the form of a system with open flow, composed of the relationship of cooperation solidly integrated beginning with global alliances with Japanese associates and local ties with American and Mexican providers, on the basis of the development and consolidation of the so-called *Centers of Regional Responsibility*. What has been observed in the last thirty years, he concludes, is a trajectory of differentiated innovation that has strengthened the trend toward a greater complexity of production.

Associated with the trajectory of the Ford plant in Hermosillo, in the next chapter by Paula Isiordia, Alejandro Valenzuela and Ricardo Rodriguez, the experience with Kinematics is analyzed, a small business engaged in the design and manufacturing of equipment for automation and semi-automation of industrial processes, directed to the study of time and movement, ergonomics and the

balance of loads in the automobile industry. It deals with the paradigmatic case of what is called the process of *spin off,* directed to the involvement of the small local business to energize the suppliers from very diverse sources and strengthen the global tendencies of the regional clusters with government support to encourage the innovation of small businesses.

The subject of problems and innovation associated to manufacturing processes closes with the chapter by Humberto Garcia and Alex Covarrubias. In it is found the role of regulations and market in the actions of environmental innovations (AIA) in the automobile sector in Mexico. The authors try to prove that if the literature over the determinants of environmental innovation gives an important role to environment and the market, both have run separately, which has been interpreted as the complete absence in the application of the environmental activities in the automobile sector in Mexico. From the point of rules and regulations, we highlight how it is that an application is differentiated from the documents of policies in relation to internal factors of the business is conducive to environmental innovations; while from the side of the factors of competition in the market, it is highlighted that that Systems of Environmental Management type ISO 14001 determine a type of proactive environmental protection, evidenced by the lack of communication between the two areas.

The last section of the book addresses part of the problems in the relationship between the capital and the work. The chapter by Arnulfo Arteaga, Aurora Marcial and Carlos Ramos pays attention to the model of labor relations based on corporate control that encourage automobile businesses, together with the State, to guarantee contract standards for low salary profile and a high production efficiency. It is considered that said model, fulfills the double function of profitability and the appropriation of the financial income for automobile assemblers through the reimbursement of the debt. The State abandons its sociability to serve as a facilitator in the creation of competitive advantages and become a National State in global competition. This proposal based on previous research results, intends to re-establish in the analysis of the automobile industry in Mexico (AMI) a linkage among production, commercial and financial sectors.

At the end of what is covered in eleven chapters, it is concluded with work by Graciela Bensusan where she questions whether the accelerated dynamics recorded by the world automobile industry and its significant impacts in economics and innovation will in the future be equally capable of generating well-being for employees, as it was under the Ford model. Furthermore, there is discussion of whether, finally, the trade unions for this sector are able to maintain, recover or gain, where applicable, the power of the necessary dialogue and negotiation to influence the structural change that is approaching and protect the quality of employees along

production chains that extend globally. In a specific manner four questions are addressed for the national case: In what ways are the trends of the IAM reflected in Mexico? What opportunities and restrictions will there be in this new stage of structural changes to articulate in the immediate future the production and social innovation? What challenges confront the workers to avoid the restructuring from the top, with the high costs, like the one experienced in the 90's, and participate in a new competitive strategy, redirecting the environmental and labor industry policy, in the IA? And, lastly, what scenarios are visible in the short and middle terms for Mexican workers? The argument supported in this chapter is that, at least in the case of Mexico, a radical change in the dominant model of labor relations is required to make the most of the boom being experienced now by IAM if there is a desire that it again has a radiating positive role in the quality of employment within and beyond the sector, especially in the relationship that should be kept between salaries and the increase in productivity.

Coordinators

Introducción general

Durante poco más de tres décadas, la adaptación y perfeccionamiento de los avances científico-técnicos en el ámbito de la producción automotriz han ido generando nuevos espacios de innovación para las ensambladoras de autos y una carrera permanente en la búsqueda renovada y diversificada de fuentes de ganancia. Todo parece indicar que la actividad innovadora reciente ha sido resultado de un conjunto de habilidades organizacionales y decisiones gerenciales entrelazadas, coyunturales y de largo plazo, que determinan la capacidad diferenciadora y obtención de ventajas competitivas dinámicas entre las empresas. Ello es tanto por la manera en la que adquieren, asimilan, transforman y explotan el conocimiento como por la experiencia propia acumulada entre ellas. Tales evoluciones han corrido paralelas —si bien con múltiples puntos de interconexión— a un grupo de transiciones tecnológicas que hoy alcanzan grados de confluencia disruptiva. Referimos las tecnologías digitales y las manufacturas aditivas e inteligentes, ahora potenciadas por lo que se ha dado en llamar Industria 4.0, la Internet de las Cosas (IoT), y los interfaces entre máquinas, hombres e infraestructura propiciados por la minería y el manejo de grandes datos en escalas desconocidas.

De ahí que la incorporación cada vez más generalizada de dispositivos inteligentes de comunicación e información para conectar componentes y funciones, así como la búsqueda permanente de energías limpias para producir motores alternativos que sustituyan los de gasolina convencionales, ha dado paso a la producción de los automóviles híbridos y eléctricos, con miras a la producción de los llamados vehículos autónomos e inteligentes. La migración de autos convencionales hacia otros de mayor complejidad está implicando poner especial y mayor atención en la interconectividad funcional de las cadenas de valor global, en las fallas y errores de manufactura asociados a los sistemas de calidad, en los métodos de capacitación del trabajo, en las regulaciones ambientales asociadas al mercado, y en las implicaciones sociales de modelos de relaciones laborales que combinan estándares de contratación de bajo perfil salarial con alta eficiencia del trabajo. La manera de atender éstos y muchos otros aspectos que derivan de las dinámicas productivas y tecnológicas en transición, en una etapa donde la complejidad de los sistemas de fabricación constituye el rasgo distintivo, podría establecer

marcadas diferencias de productividad y competitividad entre las armadoras con miras hacia el auto del futuro.

México es parte de esta nueva realidad que viven las armadoras de vehículos en todo el mundo. Por eso, para los estudiosos del fenómeno automotriz, y en particular para los académicos e investigadores asociados a la Red de Innovación y Trabajo en la Industria Automotriz Mexicana (Red ITIAM), los aspectos anteriores representan una oportunidad excepcional de análisis que asumimos con especial interés en este libro. Con ello intentamos producir diagnósticos certeros, propiciar el debate y formular propuestas de impacto encaminadas a generar conocimiento y soluciones viables para el sector, que al mismo tiempo contribuyan a solidificar los vínculos que en los años recientes hemos venido estableciendo con redes y entidades de trabajadores, empresarios y funcionarios de gobierno involucrados con el destino de esta industria.

Cabe señalar que en México, la industria automotriz ha ido escalando posiciones de liderazgo mundial y consolidándose cada vez más como una actividad dinámica y en constante crecimiento. Actualmente, ocupa el lugar número uno como productor de vehículos en América Latina, el número siete a nivel global y tiene la cuarta posición mundial en el rubro de exportaciones. En el año 2015, por su aportación al PIB manufacturero (18.3%), representó la segunda actividad más importante después de la industria alimentaria (22.6%), con impactos en 157 actividades económicas de las 259 que registra la matriz insumo producto en México. En la actualidad, opera en 11 entidades federativas con 18 complejos de vehículos ligeros y motores y genera empleos directos e indirectos de alrededor de 1.8 millones en toda la rama. Es una de las pocas actividades que en el presente siglo registra una balanza comercial superavitaria e ingresos crecientes por concepto de Inversión Extranjera Directa (IED). Tan sólo en este último rubro, entre los años de 2000 a 2015 concentró 44 mil millones de dólares, lo que representó 11% del total de la Industra Extranjera Directa (IED) del país.

Este es el escenario que sirve de contexto a los tres apartados y doce capítulos que se incluyen en este libro. Se abordan cinco temas concatenados que remarcan la relevancia de esta actividad en México y que, huelga decir, requieren aún de mayor tratamiento por parte de los académicos: las cadenas de valor global y su relación con los liderazgos corporativos; la innovación y las fallas de calidad asociadas con la complejidad de los sistemas de fabricación; las regulaciones ambientales y su relación con el mercado; las nuevas modalidades tecnológicas de la informática y la comunicación utilizadas para el diseño del auto inteligente; y finalmente, el modelo de relaciones laborales y la percepción que los propios trabajadores tienen acerca de su inclusión en el sector.

La primera sección la encabeza el capítulo de Alex Covarrubias donde se destaca el lugar que ocupa México en la transición de la industria hacia tecnologías de movilidades alternativas e innovaciones disruptivas que definen los nuevos liderazgos en este siglo. Muestra que la Industria Automotriz de México (IAM) se encuentra atrapada en la era del petróleo en la medida en la que produce y comercializa autos de motores de combustión interna (MCI) correspondientes al paradigma tecnológico del siglo XX. Exhibe que ello se debe, dentro de otros aspectos: *a)* a la alta dependencia del mercado estadounidense, al que se destina a producir MCI, varios de ellos en la categoría *gas-guzzlers*; *b)* las transnacionales automotrices utilizan a México para aplicar una estrategia tecnológica y de innovación fragmentada y paso a paso (*piecemeal*), de resolución de problemas y mejora de procesos del antiguo paradigma de MCI; y *c)* las OEM ven en México un lugar ideal para aplicar la primera estrategia de Porter para generar ventaja competitiva; esto es la compresión de costos. En seguida, el autor se pregunta si y cómo México podría hacer la transición de paradigma. Propone que una avenida podría encontrarse en la vinculación de la IAM con la industria de energías limpias, aprovechando los abundantes recursos naturales del país.

Parte de estas ideas se ven reforzadas en el capítulo de Jorge Carrillo, donde se muestra la importancia de la manufactura global en México, a partir de información oficial sobre la evolución de la industria automotriz y de resultados de investigación empíricos sobre su participación en las cadenas de valor global. Se enfatiza que la clave en la estrategia de los gobiernos para apoyar a esta industria, desde hace más de 20 años, ha sido el establecimiento de un enfoque regional, fundamentalmente estatal, orientado a la formación de clústers industriales. No obstante, se señala que el aumento de la IED y la "clusterización" tienen entre sus limitantes que abarcan a pocos sectores productivos, se basa fundamentalmente en bajos costos, bajos salarios y aún son débiles y frágiles los eslabones locales y la coordinación de los ecosistemas. Lo anterior permite asegurar que si bien el desarrollo de la industria automotriz ha seguido un proceso de escalamiento (*upgrading*) industrial o económico, se debe reconocer que hay importantes retos que no han sido superados. Ello tiene su explicación en el hecho de que las empresas vinculadas a las cadenas de valor global no siguen un proceso lineal de *upgarding* y sólo abarcan alrededor de 25-30% de las empresas exportadoras en México y a menos de 20% de los trabajadores. En consecuencia, se concluye que la tendencia de la manufactura avanzada en México, caracterizada por la convergencia tecnológica de varios sectores, se encuentra aún rezagada frente a los países desarrollados.

Los siguientes dos capítulos hacen referencia a los esfuerzos y capacidades innovadoras de las armadoras por ofrecer prototipos de transporte que respondan

a las nuevas necesidades de movilidad de los usuarios, que han pasado a depender cada vez más de la información y el conocimiento. El trabajo de Lourdes Marquina y María de Lourdes Álvarez se propone explicar el carácter evolutivo de la convergencia tecnológica en el sector de las TIC, hasta la conceptualización del Internet de las Cosas y su aplicación en el sector automotriz; industria que espera tener una fuerte revitalización a partir de la fabricación de autos inteligentes. Se establece que la interconexión entre objetos y entre éstos con las personas y las organizaciones, está incrementando, de manera exponencial, el volumen de datos que circulan en el ciberespacio, por lo que la seguridad y el crecimiento económico a partir de la generación de grandes volúmenes de información se están convirtiendo en temas relevantes para empresas, gobiernos y ciudadanos. La convergencia tecnológica entre el sector automotriz y las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) está dando paso a nuevos procesos de innovación para la generación de grandes cantidades de datos a nivel mundial, así como a nuevos retos en términos de regulación y marcos institucionales para asegurar la interoperabilidad entre las máquinas.

En seguida, en el capítulo de Federíco Cirett y Raquel Torres, se exponen los inicios e historia del auto inteligente, así como sus implicaciones para México. Se destacan los proyectos que intentaron crear un vehículo con estas características desde mediados del siglo XX, así como las diferencias entre autos semi-autónomos y vehículos autónomos con vistas a la producción del futuro. Se analizan los posibles cambios que traerá esta tecnología a los diferentes sectores de la población, particularmente en lo que concierne a la revolución del transporte público. Esto implica, según los autores, no sólo iniciar un debate acerca de los nuevos requerimientos y esquemas para alojar a la nueva tecnología, sino además, analizar a todos los niveles las repercusiones que deberán ser previstas con anticipación por el gobierno y la ciudadanía para tomar acciones y prepararse para los grandes cambios.

A pesar de los esfuerzos de las armadoras por estar un paso adelante de la demanda de un mercado cada vez más exigente y sofisticado, está claro que en el trayecto, los problemas de fabricación que enfrentan son todavía innumerables. El trabajo de Ricardo Melgoza presenta un análisis de los errores recurrentes de calidad masivos *recalls* que se originan en los procesos de fabricación de vehículos, algunos de los cuales han implicado escándalos que abonan en el desprestigio de las firmas y pérdidas multimillonarias. Se realiza un análisis de las fallas automotrices de calidad que en los últimos diez años han provocado que las ensambladoras llamen a revisión a los vehículos para modificar los componentes originales. Para documentar el origen de las fallas, se efectúa una revisión de los sistemas y procesos de certificación de calidad en las plantas ensambladoras y de los sistemas de

proveeduría de la cadena de suministros de los niveles Tier 1 y Tier 2, para determinar si las fallas corresponden al proceso de manufactura de las plantas automotrices o se encuentra en el diseño de la parte o la pieza, provocando con ello el derrame de calidad en la planta ensambladora. Asimismo, se revisa si existe alguna correlación entre el desempeño financiero de las principales armadoras y los errores de calidad masiva que se registran en la última década.

Con similar propósito, aunque más orientado al análisis de planta, el capítulo de Franciso Octavio López, Martha Estela Díaz, Enrique Javier de la Vega y Diana Lucía Acuña, aborda la problemática de inspección de calidad en una ensambladora de vehículos, localizada en el norte de México. Se aborda como punto de partida la creciente complejidad que caracteriza la fabricación de autos de todo tipo, provocada por la incorporación de numerosas innovaciones y dispositivos como la incursión de los sistemas de info-entretenimiento, sistemas de sincronización con el celular, reproductores de música, manos libres, GPS y otra gran variedad de componentes. Se argumenta que el incremento en la complejidad de manufactura se ha convertido en un verdadero rompecabezas para el fabricante, no sólo por sus implicaciones de diseño, sino también porque se traducen en mayores exigencias en los sistemas de seguridad y satisfacción de los usuarios. Sobre esta base se intenta probar que si bien es cierto que el ensamble de los componentes en cada vehículo dispone de sistemas de control de calidad para evitar errores, defectos o control de fallas, está claro que el factor humano expresado a través de la inspección de calidad, que incluye habilidades visuales, auditivas o táctiles para identificar defectos, combinada con la restricción de tiempo que impone el ciclo de fabricación del producto, sigue siendo el foco de atención de los sistemas de control de calidad para superar los tradicionales procesos de prueba y error dentro de la fábrica.

En el siguiente capítulo, Sergio A. Sandoval, siguiendo el análisis a nivel de planta, identifica y vincula dicha problemática con la trayectoria que han seguido los procesos de innovación en algunas armadoras. Para el caso, analiza a la Ford de Hermosillo a partir de tres aspectos: las distintas capacidades de absorción y gestión del conocimiento; los factores de proximidad entre las empresas proveedoras y la ensambladora; y los tipos y características de la innovación. Todo ello, asociado con un componente experimental basado en la contingencia, aspectos sobre los cuales se desarrolla el modelo productivo. Trata de probar que los procesos de innovación se construyen a partir de tres líneas estratégicas: la creación y el rediseño, la instrumentación de nuevos métodos de absorción y gestión del conocimiento, y la automatización del equipo y del proceso de fabricación, los cuales asumen la forma de un sistema de flujos abiertos, compuesto de relaciones de cooperación sólidamente integradas a partir de alianzas globales con socios japoneses

y de vínculos locales con proveedores estadounidenses y mexicanos, sobre la base del desarrollo y consolidación de los llamados *Centros de Responsabilidad Regional*. Lo que se observa a lo largo de treinta años, concluye, es una trayectoria de innovación diferenciada que ha fortalecido la tendencia hacia una mayor complejidad productiva

Asociado a la trayectoria de la planta Ford de Hermosillo, en el capítulo siguiente de Paula Isiordia, Alejandro Valenzuela y Ricardo Rodríguez, se analiza la experiencia de Kinematics. Ésta es una pequeña empresa dedicada al diseño y fabricación de equipos para la automatización y semiautomatización de procesos industriales, orientada al estudio de tiempos y movimientos, ergonomía y balanceo de cargas en la industria automotriz. Se trata de un caso representativo y paradigmático de los llamados procesos de *spin off,* orientados al involucramiento de la pequeña empresa local para dinamizar los mercados de proveeduría de fuentes muy diversas y afianzar las tendencias globalizadoras de los clústers regionales con apoyos gubernamentales para el impulso de la innovación a las pequeñas empresas.

El tema de la problemática y la innovación asociada a los procesos de manufactura, cierra con el capítulo de Humberto García y Alex Covarrubias. En él se muestra el rol de la regulación y del mercado en las acciones de innovación ambiental (AIA) del sector automotriz en México. Los autores tratan de probar que si bien la literatura sobre los determinantes de la innovación ambiental le otorga un rol importante a la regulación ambiental y al mercado, ambos han corrido por separado, lo que se ha traducido en una completa ausencia en la aplicación de las actividades ambientales en el sector automotriz en México. Desde la normatividad, se destaca cómo es que una aplicación diferenciada de instrumentos de política en relación con factores internos de la empresa propicia innovaciones ambientales; mientras que desde el lado de los factores de competencia en el mercado, se destaca que los Sistemas de Manejo Ambiental tipo ISO 14001 determinan un tipo de protección ambiental proactiva, evidenciando la falta de correspondencia entre los dos ámbitos.

La última sección del libro aborda parte de la problemática de las relaciones entre el capital y trabajo. El capítulo de Arnulfo Arteaga, Aurora Marcial y Carlos Ramos pone atención en el modelo de relaciones laborales basado en el control corporativo que impulsan las empresas automotrices junto con el Estado para garantizar estándares de contratación de bajo perfil salarial y alta eficiencia productiva. Se considera que dicho modelo cumple la doble función de rentabilidad y apropiación de los ingresos financieros de las armadoras automotrices a través del reembolso de la deuda. El Estado abandona su carácter social para servir de facilitador en la creación de ventajas competitivas y convertirse en un

Estado Nacional de Competencia en el contexto de la globalización. Esta propuesta, basada en resultados de investigaciones previas, pretende restablecer en el análisis de la industria automotriz en México (IAM) un vínculo entre los sectores productivo, comercial y financiero.

Al final del recorrido de once capítulos, se concluye con un trabajo de Graciela Bensusán donde se cuestiona si el dinamismo acelerado que registra la industria automotriz mundial y sus impactos significativos en el crecimiento económico y la innovación será en adelante igualmente capaz de generar bienestar para los trabajadores, como ocurrió bajo el modelo fordista. Asimismo, se discute si, finalmente, podrán los sindicatos de este sector mantener, recuperar o ganar, en su caso, el poder de interlocución y negociación necesario para incidir en el cambio estructural que se avecina y proteger la calidad de los empleos a lo largo de cadenas productivas extendidas globalmente. De manera puntual se abordan cuatro interrogantes para el caso nacional: ¿De qué manera las tendencias de la IAM se reflejan en México? ¿Qué oportunidades y restricciones habrá en esta nueva etapa de cambio estructural para articular en el futuro inmediato innovación productiva y social? ¿Qué retos enfrentan los trabajadores para evitar una reestructuración "desde arriba", con altos costos sociales, como la experimentada en los años noventa, y participar en una nueva estrategia competitiva, reorientando la política industrial, ambiental y laboral en la IA? Y, finalmente, ¿qué escenarios se vislumbran en el corto y mediano plazos para los trabajadores mexicanos? El argumento que se sostiene en este capítulo es que al menos, en el caso de México, se requiere un cambio radical en el modelo de relaciones laborales dominante para aprovechar el *boom* que hoy experimenta la IAM si se quiere que ésta vuelva a tener un papel irradiador positivo en la calidad de los empleos, dentro y más allá del sector, especialmente en la relación que deben guardar los salarios con el incremento de la productividad.

Los coordinadores

Primera parte
Desarrollo de clústers y complejidad productiva: fundamentos y problemática rumbo a la producción del auto inteligente

Capítulo 1
A booming industry trapped in the oil era. Locked in mechanisms of the Mexican Auto Industry and a proposal to open them

Alex Covarrubias Valdenebro[1]

Introduction

In the last few years, Mexico has turned into one of the hottest spots of the auto industry worldwide. In 2014, auto output reached 3.2 million units, 76 percent up from 2001, and the country become the larger producer in Latin America, the seventh producer and the fourth exporter worldwide, as well as the second exporter in the American market. This year, it could reach 3.5 million as production has been increasing at a 9% rate in the last few years (Covarrubias, 2014). At this pace at the end of the decade the country could well reach the frontier of 5 million units, quickly approaching on third of the total NAFTA output.

The boom of the Mexican auto industry (MAI) takes place while the sector experiences a transition toward alternative driving systems propelled by such critical issues as the peak oil and climate change, which in turn entail changes in consumer demands for vehicles with lower carbon emissions and government's more stringent environmental standards. At the bottom line there is a growing awareness that the tandem internal combustion engine/fuel oil, the formula that set the standard for road transport along the XX century, relates strongly with air pollution and greenhouse gases (Mikler, 2009; Dlakmann & Sakamoto, 2011; Urry, 2013; Kingsley & Urry, 2010; KPMG, 2010; Amatucci, 2013; Hylton, 2009; Freyssenet, 2010).[2] This last author points out that the magnitude of the transition

[1] Profesor-investigador de El Colegio de Sonora. Av. Obregón 54, col. Centro, Hermosillo, Sonora. Actualmente es Coordinador de la Red ITIAM (Red Innovación y Trabajo en la Industria Automotriz Mexicana). Dirección electrónica: <acova@colsonmx.onmicrosoft.com>.

[2] Road transport account for about one-sixth of total carbon dioxide (CO2) emissions, more than 80 percent of carbon monoxide (CO), and more than 60 percent of nitrogen oxide (NOx) (Twenergy, 2012).

implies a move toward a *Second Automobile Revolution* that will substitute the dominant ICE/Oil tandem of the *First Automobile Revolution*. Furthermore, in the shift to a green, low-carbon energy economy, motor vehicles contributes a number of additional unsustainable problems such as noise pollution, congestion, accidents, and obesity, among others (Sundar et al., 2011; Dlakmann & Sakamoto, 2011; Whitmarsh & Khöler, 2010; Vasconcellos, 2010; 2011).[3]

Even when a number of low-carbon innovations and competing technologies are underway —EVs, petrol-electricity hybrids, fuel cells, advanced ICEs, bio-fuel and flex-fuel vehicles, plug-in-hybrid vehicles, among others—, the most promising innovations and main automakers' investments are on EVs, placing it at the forefront of the transition, as revealed by the last KPMG's Global Automotive Executive Survey (KPMG, 2015).[4]

In Mexico automakers chiefly produce and sell ICEs. This fact raises a question of whether and under which circumstances Mexico can become an important market for EVs. The specialized literature has shown that evolution from ICE to EVs is conditioned by objective factors such as fuel prices, autonomy range of batteries, battery prices, alternative energies, charging infrastructure development and government grants. It is also conditioned by such subjective factors as consumer behavior, post-materialist values related with ecology and the interest in new technology (Pasaoglu et al., 2013; Shoemaker, 2012; Liu et al., 2013; Whitmarsh & Khöler, 2010; BCG, 2010; among others).

Yet to answer the question this paper introduces the Multilevel Perspective on Socio Technical Transitions (MLP) and the Dialectic Issue Life Cycle model (DILC) of Penna and Geels (2012-2015) and Geels (2011-2015). From the MLP and DILC model I contend that the problem of Mexico is best portrayed as a socio-technical transition challenge so that beyond the transformation of an automobile industrial regime the country faces structures anchored in production, policy, consumption and cultural practices. Saying that, the analytical question is which stage of the DILC the country is in. The paper shows that Mexico is in the very earlier stages of the transition towards EVs while the country is locked in two

[3] In Latin America, Vasconcellos and CAF-Banco de Desarrollo de América Latina have developed a pioneer work in the study of the consequences of auto motorization in some of the largest cities of the region. See Vasconcellos (2010; 2011); also Covarrubias (2014).

[4] EV-Info (2015) points out that in its EV-Database there are "… more then 15.000 EV-Companies from all over the world who are involved with developing, manufacturing and selling all kind of Electric Vehicles or other new EV-Technologies." In EV-Info (2015). EV-Database with EV-Companies. Accessed at <http://www.ev-info.com/> on November 12, 2015. On the other hand, Nissan-Renault has taken the lead with its battery-electric Leaf. Yet Toyota took the lead in hybrids with the Prius and currently has 27 additional models in the making. At the same time, Tesla has come to revolutionize the industry with the first sporty car entirely electrical. In any instance the competence for excelling in the AI transition is frenetic.

pervasive mechanisms of the ICE/Oil era. First, auto production depends heavily on the American market and its internal market has a narrow offer of EVs. Second, the public budget and the economy as a whole still depend heavily on the production and commercialization of petroleum. As a result Mexico will have a difficult endeavor in moving forward in such a transition. Yet, I argue, a key possibility for Mexico to make the transition to EVS relies on the ability of the Mexican government, social movements, entrepreneurs and innovators to turn the country into a hub for clean energies and deploy a `program to spur synergies between the automobile and the power sectors.

The probabilities are based on the fact that Mexico is attracting growing flows of FDI towards alternative energies projects provided its ample and diverse endowments of natural resources. From 2003 to 2013 such leading firms as NGK, Dynamic Kontrol, Sanyo, Jabil Circuit, Rubenius, Iberdrola, Acciona, Grupo Safran, Ericsson, Odebrechedt, and Nissan poured in the country 11 billion to build wind and solar parks and created 22,000 jobs along 57 projects. Although Mexico has potential to churn out other clean energies, such as geothermal and hydraulic, its endowments in solar and wind energies are striking. According to European Photovoltaic Industry Association (EPIA, 2011), Mexico ranks third in solar potential, just next to China and Singapore. Likewise the wind potential in such regions as EL Istmo de Tehuantepec is among the best worldwide (Juárez & Leon, 2014).

Therefore, my argument stresses the co-evolution properties of linking e-integrated mobility and clean energy developments and details policy measures at macro and meso/intermediate levels in the Mexican context.

The paper is based on data-analysis of the MAI contributing original evidence of variables related to driving and engine systems, fuel efficiency, costs, emissions and CO2, NOx and greenhouse gases, as well secondary evidence of Mexico renewable energies potential and actual output. Primarily, the author gathered evidence through interviews with some Mexican entrepreneurs and innovators who are trying to make inroads in the EVs industry.[5] Most importantly, the paper develop an analysis integrating the previous evidence with already published work (books, articles, reports, etc.) to identify the actual stage of the Mexican transition to EVs, its main features, and constraining factors, along with its possibilities to progress, based on the MLP/DILC model.

The paper has five sections. The first one describes the boom of the Mexican auto industry (MAI) as the largest auto corporations are pouring investments in the country and the industry spread out across its whole geography. Section two shows the type of cars that the MAI is producing, exporting and commercializing in the national market. The evidence reveals how the MAI is trapped in the ICE/

[5] The interviews were carried out during the fall of 2015 in North and Central Mexico.

Oil era, while EVs are neither produced nor consumed. Section three describes the Mexico's great potential in renewable energies and how it is also attracting growing flows of leading companies in the sector of clean energies. Section fourth applies the MLP/DILC models to analyze how current institutional programs and narrative foster the ICI/Oil era in the country, while society has not yet movements, consumption patterns and discourses to dispute its dominance. The last section argues for a multilevel approach that can link EVs and clean energies production, and eventually unleash their potential for pushing forward a socio-technical transition to EVs in the Mexican auto industry.

The boom of the Mexican auto industry (MAI)

By the end of 2014 Mexico surpassed Brazil as the seventh largest producer and leader manufacturer in Latin America, as the Brazilian production plunged 15% propelled by an internal stagnant economy and the difficulties related to the Chinese and Argentinean economies —*i.e.*, its two major international markets. In a similar vein, Mexico overcame Japan as the number one exporter to the US market by placing 1,875,575 vehicles versus 1,627,296 from the Japanese (figures taken from OICA (http://www.oica.net/); AMIA (http://www.amia.com.mx/)

Regarding auto parts and components, at the global level, the country already ranks fifth in both output and exportations. Mexico, simultaneously, has taken the lead at supplying parts and components to the US market, having displaced Canada as well as Asian and European countries from that position.

Now, the MAI is of the foremost salience for the country. It is the first source of trade balance with a net surplus of 47.5billion dollars,[6] accounting for 23.5% of the foreign currency received by the country —and 33% of the manufacturing industry. Its 90 billion dollars exportations account for more than the foreign currency got together by oil, tourism, and remittances. The MAI has become the largest manufacturing employer in Mexico, approaching 700,000 direct jobs (one fifth of manufacturing total jobs).[7]

This evolution, which implies a strategic position of the country in OEM' portfolio investments,[8] has been based on its consolidation as a reliable, qualified, and

[6] <http://eleconomista.com.mx/industrias/2015/01/12/industria-automotriz-supero-petroleo-como-generador-divisas-amia> By June 2015 the surplus have grown to 26.5 billion. Cfr. AMIA.

[7] Data up to December 2014 according to Inegi-ENOE (At <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/encuestas/hogares/regulares/enoe/>. Considering indirect jobs associated to the MAI, the estimations amount to 2 million jobs. Cfr. AMIA. Their remunerations are 1.3 times the ones from the industry as a whole. Covarrubias (2014).

[8] OEM (Original Equipment Manufacturers).

cheap export platform, primarily for the North American market. This position rests on the 3,145 km (1,954 miles) US-Mexico border, which favors the mobility of goods and people lowering costs in both communication and logistics.[9] Additionally, Mexico has built a large network of free trade agreements over the last two decades (12 with 49 nations to be exact). Yet it has been the North American market the main engine driving the boom of the MAI, as more than 80% of output go abroad, 68% of which goes to the US and 8% to Canada.[10]

Currently all largest auto corporations are in Mexico either arriving wit new projects or expanding and consolidating operations. Over the last five years —which I term the largest wave of the MAI— there have been an unprecedented number of factory openings, constructions, retoolings, and projection of new plants (Graph 1). They include assembly plants that started to work in 2013-2014 —such as Honda, Celaya; Mazda, Salamanca; Chrysler Van, Saltillo; and Nissan 2, Aguascalientes—; those in an advanced construction stage —such as Audi, San José Puebla— and those announced at the end of 2014 and the first half of 2015 which are meant to roll out automobiles between 2017 and 2019 —such as BMW, San Luis Potosí; Daimler AG, located next to Nissan 2 in Aguascalientes;[11] the Korean automotive plant Kia,[12] in partnership with Hyundai, in Pesqueria Monterrey; and Toyota, that will build a plant in Apaseo El Grande, Guanajuato.

Lately Ford confirmed investments of $2.5 billion to expand its motor capacities in Chihuahua and set up a new generation transmission factory in Guanajuato.[13] In turn, VW notified investment plans for $1 billion to produce the Tiguan model in Puebla. Furthermore, in the second half of 2015, Land Rover, Renault, Hyundai, Seat and MINI have disclosed prospect for landing in Mexico in the near future. As Joseph Chama Srour, executive of Land Rover, put it: "(Our) sales are increasing at rates of 18% in the US, and Mexico is no doubt a very strong candidate for new operations due to its labor costs, logistics, and experienced distribution network".[14]

[9] On this assets of the MAI competitive advantages agree major consulting firms and scholars alike. Cfr. KPMG (2015); Álvarez, Carrillo & González (2014).

[10] Data and information from Covarrubias (2014).

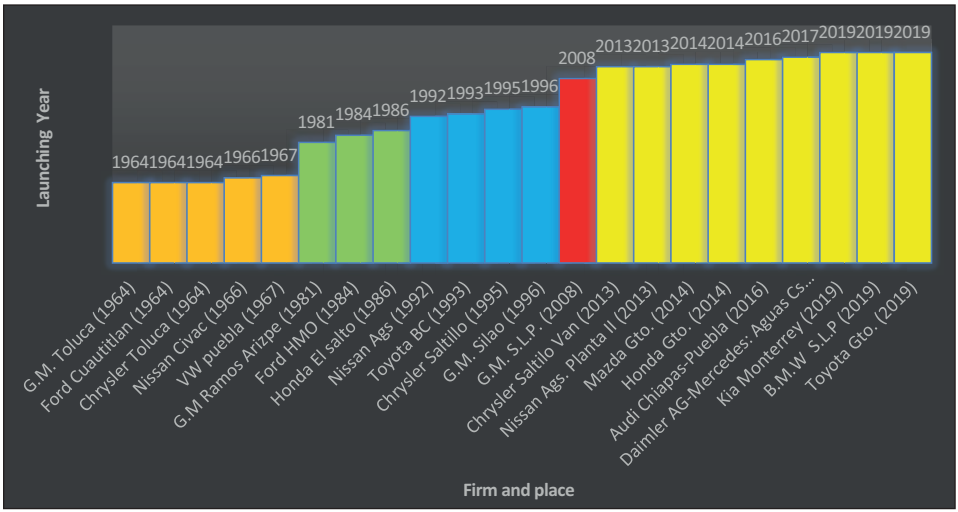
[11] It belongs to the Daimler-Nissan alliance to assemble Mercedes Benz and Infiniti models, with an investment of $1.3 billion.

[12] Kia invests $1 at Monterrey to launch the Forte model by 2019.

[13] In Chihuahua a new family of diesel motors of 1.8 and 2.0 liters will be manufactured, and the production will increase to one million units per year, the largest in the country. In Guanajuato, 6 and 8 shift transmissions will be manufactured up to 800,000 units per year. Production will be focused on North America, Central America, South America, and Asia.

[14] Interview with *Bloomberg*. LandRover mentions a potential investment of 500 million USD. In turn, Magdalena López, officer from Renault, discloses the importance Mexico has in the industry that leaves them contemplating an investment of 800 million toward a new plant. Pedro

Graph 1. Waves of the MAI since 1964



Source: Author's elaboration and Covarrubias (2014).

In brief, since the 2008 financial crisis and the subsequent reactivation of the industry, 10 new automotive assembly plants have been or are in the process of being installed, including GM which opened in San Luis Potosí in 2008.[15]

The MAI expands across the Mexican geography. The Detroit Three (GM, Ford y Chrysler), five Asian leaders (Toyota, Nissan, Honda, Mazda, y Kia), and four Europeans (VW, Daimler AG, Audi y BMW) jointly with Fiat thanks to the FCA structure[16]), work through 22 assembly plants. They are scattered along Central Mexico (Estado de México, Morelos and Puebla), the Northern Border (Coahuila, Sonora and Baja California), and the Bajio Region (Guanajuato, Jalisco, San Luis Potosí and Aguascalientes) (Map 1).

Albarrán, from Hyundai, says: "(We want) to convert Mexico into an important base for global production", while in the North American market they already cover 4.5%. Seat mentions that it is interested in taking advantage of the supplier's base installed in Puebla, for the German companies. MINI expressed similar intentions. With its controller BMW, established in San Luis Potosí, there will be a supplier base that facilitates its implementation. Cited in Informador.mx (06-05-2015). "México en la mira de más fabricantes automotrices". At <http://www.informador.com.mx/economia/2015/596094/6/mexico-en-la-mira-de-mas-fabricantes-automotrices.htm>.

[15] This account for a larger number of assembly factories than the ones opened since 1980 to 2007. With the addition of just one new plant, the amount of auto assembly plants built over these last few years will equal the ones built throughout the previous automotive history.

[16] Fiat Chrysler Automobiles (FCA) is the new corporation that came out in 2014 after the former bought out the total stock of the latter.

Auto parts and components facilities expand through 21 states, shaping four clusters, namely Northeast, Northwest, Center, and Bajio (Map 2). According to Pro Mexico data, the country has 1,236 auto suppliers companies in the two first tiers. Another 1,320 correspond to tiers 3 and 4 (Cfr. <https://www.promexico.gob.mx/>.[17]

Mexican workers manufacture parts and components for practically all the systems used in vehicles: from suspension systems to car bodies; from brake to transmissions systems; from traction to cooling systems; from steering to safety; from electric-electronic to exhaust; from fuel injection to wheels and rims and train systems.

Map 1. Geographical distribution of facilities of light vehicles

Source: PwC (2014).

[17] With these numbers, ProMexico estimates around 2,550 auto part companies distributed across the different levels. This data is conservative. Inegi (2014) reports 2,811 economic units in the MAI up to 2008, based on data from the last economic census.

Map 2. Tier 1 & 2 Suppliers and their expertise

Source: ProMexico (2015).

Types of car output and consumption: Mexico trapped in the ICE era

Mexico neither produces nor consumes EVs. Therefore, the MAI boom is largely still entangled in the ICE era. As will be apparent below, in the Mexican market there are not practically EVs and the hybrids are a tiny part of the total.

A closer look at the most commercialized cars in Mexico allow us to prove the previous. These are Nissan's (Versa, Tusru, March, Sentra and Tida), GM's (Aveo and Spark), and VW's (Vento, New Jetta y Jetta Classic). We collect technical data related to them, including engine type, fuel, energy efficiency, and their level of emissions that can affect the quality of the air and generate Green House Effect.

All of them but two models of the New Jetta (which use diesel —*i.e.*, the Gear Direct Shift and Manual Shift) are propelled by ICEs. Therefore, the Mexican consumers do not have in their curves of preferences hybrid cars, not to mention

EVs. This is so even when in the country auto market there are a number of vehicles more environmentally friendly and much more energy efficient, such as the Fusion, Civic, Smart, and Honda CR-Z and Prius hybrids, among others.[18] Some of them are made in Mexico, and some are imported, such as the Smart and Prius. As a result, after a decade of commercializing hybrids and EVs in Mexico there are only 222 of them.[19]

At average the energy efficiency of these cars is 12.5 km/liter, in adjusted terms.[20] The Spark of GM is in the upper level (15.3 km/lt), whereas the New Jetta with Tiptronic Gear is in the lower one (10.6 km/lt). According the Mexican Official Norm 163 (DOF: 21-06-2013),[21] by 2014 the average fuel efficiency of these vehicles should be 14 km/lt. Therefore they are below the 163 Norm.

It should be stressed that the content of 163 Norm purports to emulate the US Corporate Average Fuel Economy (CAFE), going from 2012 to 2016 and targeting at average of 15 km/lt. for light and passenger vehicles. By contrast the "top runners" worldwide reach a fuel efficiency of 30-35 km/lt (Centro Mario Molina; in <http://centromariomolina.org/wp-content/uploads/2012/05/9.-PropuestaNormativaRegularREndimientoCombustibleVehiculosLigeros Mexico_fin.pdf>.

While emissions depend not only on vehicles' size and fuel efficiency but also on the systems of pollution control, among others, these cars cast 41 g/1000 km Mono-Nitrogen Oxides (NOx) at average, which measures the average of air pollution.[22] As for Greenhouse effect (GE), they reach a 7 average level —in a 1 to 10 scale.

Furthermore, the CO2 emissions —the gas that more contributes to the GE according to *Green Facts* <http://www.greenfacts.org/es/captura-almacenamiento-co2/>— take an average of 196 g/km. The 163 Norm set up that by 2014 the CO2 level of these vehicles would be 169.9 g/km. Therefore in this crucial respect the most selling cars in Mexico have been violating the law. By comparison, in 2014 the CO2 average emission worldwide of cars fueled by gas was 168 g/km whereas cars fueled by diesel reached 170 g/km (T&E (15-10-2015). In

[18] According to the International Council on Clean Transportation a hybrid car produces a third less GI than a typical ICE. In <http://www.theicct.org/>.

[19] According to the Mexican Association of the Auto Industry (AMIA). In *El Economista* (04-13-2015), "Gobierno y AMIA impulsarán compra de autos eléctricos": <http://eleconomista.com.mx/industrias/2015/04/13/gobierno-amia-impulsaran-compra-autos-electricos>.

[20] The adjusted fuel efficiency is based on American standards taking into account more realistic driving conditions in both cities and highways, while the city and highway fuel efficiencies are calculated by OEM under laboratory conditions.

[21] NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2013. CO2 Emissions casted by the exhaust and its equivalence in terms of fuel encompassing new vehicles up to 3,857 kg.

[22] Calculus of fuel efficiency taken from *Eco Vehículos. INECC, CONUEE & Profepa* <http://www.ecovehiculos.gob.mx>.

<http://www.transportenvironment.org/news/european-carmakers-confronted-%E2%80%98end-diesel%E2%80%99>.

This is dramatic. It means that the CO2 emissions of compact and small cars sold in Mexico are larger than the ones casted by the mix coming of all sort of vehicles sold worldwide, regardless their size, weight, engines and the like.

As for the best selling cars exported to the US market, things follow the same track. By the autumn of 2015 they all except one are ICE units: Nissan Versa, Chevrolet Silverado 2500, Ram 2500, Ford Fusion y Nissan Sentra and Versa (Forbes Mexico —25-10-2015— In <http://www.forbes.com.mx/los-5-automoviles-que-mas-exporta-mexico-a-eu/> This is revealing as vehicle export to the US market represent almost 70% of total output.

In our analysis they are truly gas guzzlers; most of them have 8 cylinder engines —in fact all the Silverados 2500 GM and Ram 2500 Chrysler are in this category. As a result, they offer a poor 8.3 km/l. adjusted efficiency, with the Nissan Versa performing best (14 km/l) and the Ram 2500 4x4 performing worst (5.3 km/l). These cars cast 31 g/1000 km Mono-Nitrogen Oxides (NOx) at average, which measures the average of air pollution. As for Greenhouse effect (GE), they reach a 3 average level— in a 1 to 10 scale.

It is crystal clear that there is a new turn around towards gas-guzzlers in the American market, which relates to the lowering of oil and gas prices brought about by the shale revolution.[23]

Their CO2 emissions take a harmful average of 316 g/km.

Likewise, the top 10 cars imported are all ICE gasoline consumers. All but two are SUVs (Renault Duster and Mazda CX-5), Pick Ups (Toyota Hilux and Ford Ranger), luxuries (VW Passat and Nissan Altima), and Minivans (Toyota Sienna and Honda Odyssey). Their have a fuel adjusted efficiency of 9.9 km/l, with the Duster at the upper level (15.2 km/l) and the Odyssey at the lower one (7.3 km/l). They cast 24 g/1000 km Mono-Nitrogen Oxides (NOx) at average. As for Greenhouse effect (GE), they reach a 5 average level —in a 1 to 10 scale. Their CO2 emissions take at average 249 g/km (Tables 1, 2, and 3).

In brief: the boom of the MAI is largely based on the production and consumption of ICE, highly pollutants vehicles. This is the most visible outcome of an industrial sector that follows closely the signs and preferences of the US market. The institutions of government contribute to this outcome as long as their rules target also at conforming that market rather than placing and enforcing more astringent norms or emulating the European and Asian leaders. As Mikler (2009) puts it, the USA represents the world automotive hub that lags behind in the transition to new mobility systems and the reduction of CO2 emissions, while Japan and Central Europe are taking the lead in such matters.

[23] In the US market gas prices are practically half the level they had by 2012.

Table 1. Mexico: Top 10 vehicles sellers, 2014

Category	*Group*	*Model*	*Units*	*Market Share*	*Version/Doors*	*Especifications*				*Fuel Efficiency*					*Adjusted (km/l)*	*CO2 (g/km)*	*Yearly CO2 (Kg)*	*NOx (g/1000km)*	*Green-house gases*	*Air pollu-tion*
						Size	*Cylinders*	*Potency*	*Transmission*	*Fuel*	*Yearly Consumpt Mexican ($)*	*City (km/l)*	*Highway (km/l)*	*Mixed (KM/l)*						
Subcompact	GM	Aveo	65,394	5.8	4	1.6 L	4	103 HP	Manual	Gasoline	15,800	14.27	21.93	16.93	12.7	184	2760	24	7	7
					4	1.6 L	4	103 HP	Automatic	Gasoline	14,500	13.09	21.04	15.77	11.83	197	2955	54	7	5
Subcompact	Nissan	Versa	53,777	4.7	SEDAN 4	1.6 L	4	106 HP	Manual	Gasoline	13,800	15	21.1	18.61	13.96	167	2505	18	8	?
					SEDAN 4	1.6 L	4	106 HP	Automatic	Gasoline	14,200	14.6	20.9	18.27	13.7	170	2550	24	8	?
Subcompact	Nissan	Tsuru	45,524	4	GS4	1.6 L	4	105 HP	Manual	Gasoline	14,100	14.7	22	17.28	12.96	180	2700	55	8	5
Subcompact	VW	Vento*	38,474	3.4	2/4	1.6 L	4	105 HP	Manual	Gasoline	17,700	11.71	21.79	16.18	12.14	192	2880	42	7	?
					2/4	1.6 L	4	105 HP	Automatic	Gasoline	21,300	9.69	20.59	14.11	10.58	220	3300	42	6	?
Subcompact	Nissan	March	36,565	3.2	5	1.6 L	4	106 HP	Manual	Gasoline	13,800	15	20.9	18.55	13.91	168	2520	17	8	?
					5	1.6 L	4	106 HP	Automatic	Gasoline	13,900	14.9	20.7	18.42	13.82	169	2535	27	8	?
Subcompact	GM	Spark*	36,479	3.2	5	1.2 L	4	81 HP	Manual	Gasoline	11,700	17.74	24.81	20.35	15.26	153	2295	58	8	5
Compact	VW	Nuevo Jetta	35,054	3.1	MKVI GLI 4 TFSI TURBO	2 L	4	210 HP	Manual	Gasoline	16,900	12.2	22.22	15.31	11.48	203	3045	15	7	8
					MKVI 4	2 L	4	115 HP	Manual	Gasoline	18,700	11.06	20.25	13.9	10.42	224	3360	8	6	9
					MKVI 4	2 L	4	115 HP	Tiptronic	Gasoline	18,300	11.27	18.74	13.73	10.3	226	3390	8	6	9
					MKVI GLI 4 TFSI TURBO	2 L	4	210 HP	Direct Shift Gearbox	Gasoline	17,400	11.9	20.41	14.65	10.99	212	3180	15	6	8
					MKVI 4 p	2.5 L	5	170 HP	Tiptronic	Gasoline	17,700	11.66	19.26	14.18	10.63	219	3285	23	6	7
					MKVI 4 p	2.5 L	5	170 HP	Manual	Gasoline	18,000	11.48	20.66	14.35	10.76	217	3255	28	6	6
					MKVI TDI 4 Turbo Diesel	2 L	4	140 HP	Direct Shift Gearbox	Diesel	15,100	13.51	20.41	17.32	12.99	206	3090	92	7	?
					MKVI TDI 4 Turbo Diesel	2 L	4	140 HP	Manual	Diesel	14,700	13.88	21.28	17.83	13.38	200	3000	110	7	?
Compact	Nissan	Sentra 2.0	30,627	2.7	4	2 L	4	140 HP	Manual	Gasoline	15,500	13.3	18.4	15.2	11.4	205	3075	20	7	7
					4	2 L	4	140 HP	X-Tronic CVT	Gasoline	15,200	13.6	19.7	15.8	11.85	197	2955	90	7	4
Compact	VW	Clásico 4ds	29,327	2.6	4	2 L	4	115 HP	Manual	Gasoline	16,100	12.81	20.64	15.45	11.59	201	3015	11	7	9
					4	2 L	4	115 HP	Tiptronic	Gasoline	17,500	11.81	20.66	14.63	10.97	212	3180	11	6	9
Compact	Nissan	Tiida Sedan	28,316	2.5	SEDAN 4	1.8 L	4	125 HP	Automatic	Gasoline	16,300	12.7	19	14.93	11.2	208	3120	126	7	2
					SEDAN 4	1.8 L	4	125 HP	Manual	Gasoline	16,000	12.9	17.8	14.72	11.04	211	3165	95	6	3
					SEDAN 4	1.6 L	4	106 HP	Manual	Gasoline	13,800	14.94	20.66	18.44	13.83	169	2535	20	8	?
Total			399,537	35.2	Average						15920	13.19	20.63	16.20	12.15	196	2946	41	7	6

Table 2. Mexico: Top 10 imported cars, 2014

Category	Group	Model	Units	Market Share	Version/Doors	Especifications				Fuel Efficiency					Adjusted (km/l)	CO2 (g/km)	Yearly CO2 (Kg)	NOx (g/1000km)	Green-house gases	Air pollu-tion
						Size	Cylinders	Potency	Transmission	Fuel	Yearly Consumpt Mexican ($)	City (km/l)	Highway (km/l)	Mixed (KM/l)						
Subcompact	VW	Vento	38,474	6.4	2/4	1.6 L	4	105 HP	Manual	Gasoline	17700	11.71	21.79	16.18	12.14	192	2880	42	7	?
					2/4	1.6 L	4	105 HP	Automátic	Gasoline	21300	9.69	20.59	14.11	10.58	220	3300	42	6	?
Subcompact	GM	Spark	36,479	6.1	5	1.2 L	4	81 HP	Manual	Gasoline	11700	17.74	24.81	20.35	15.26	153	2295	58	8	5
SUV´s	Renault	Duster	12,652	2.1	5	2 L	4	133 HP	Manual	Gasoline	16800	12.3	18.4	15.85	11.89	196	2940	40	7	?
					5	2 L	4	133 HP	Automátic	Gasoline	17400	11.9	17.9	15.41	11.56	202	3030	20	7	?
SUV´s	Mazda	CX-5	12,246	2	FWD 5	2 L	4	153 HP	Manual	Gasoline	14700	14.1	20.6	17.81	13.36	175	2625	4	8	9
					FWD 5	2 L	4	153 HP	Automátic	Gasoline	14400	14.4	20	17.86	13.39	174	2610	6	8	9
					4WD 5	2 L	4	151 HP	Automátic	Gasoline	15400	13.4	17.8	16.47	12.35	189	2835	6	7	9
					FWD 5	2.5 L	4	184 HP	Automátic	Gasoline	20700	10	17.4	13.75	10.31	226	3390	28	6	?
					4WD 5	2.5 L	4	184 HP	Automátic	Gasoline	21000	9.8	15.9	13.22	9.92	235	3525	28	6	?
Pick Ups	Toyota	Hilux	8,783	1.5	Doble Cab 4X2 4	2.7 L	4	155 HP	Manual	Gasoline	23800	8.7	11.5	11.1	8.33	280	4200	10	4	9
Pick Ups	Ford	Ranger Crew Cab	6,913	1.2	Cab Doble 4	2.5 L	4	143 HP	Manual	Gasoline	21800	9.5	12.7	10.71	8.04	290	4350	46	3	5
					Cab Reg Chasis 2	2.5 L	4	143 HP	Manual	Gasoline	21800	9.5	12.7	10.71	8.04	290	4350	46	3	5
					Cab Reg 4	2.5 L	4	143 HP	Manual	Gasoline	21800	9.5	12.7	10.71	8.04	290	4350	46	3	5
					XL Crew Cab 4 Turbo	2.2 L	4	125 HP	Manual	Gasoline	14000	14.6	12.5	14.97	11.23	239	3585	27	5	?
					XL Crew Cab 4	2.5 L	4	164 HP	Manual	Gasoline	26200	7.89	12.81	10.86	8.15	286	4290	27	4	?
					XLT Crew Cab 4	2.5 L	4	164 HP	Manual	Gasoline	26200	7.89	12.81	10.86	8.15	286	4290	27	4	?
Luxury	VW	Passat	5,590	0.9	4 pts	3.6 L	6	280 HP	Direct Shift Gearbox	Gasoline	21200	9.76	17.08	12.09	9.07	257	3855	6	5	9
					CC4	3.6 L	6	280 HP	Tiptronic	Gasoline	25200	8.2	14.6	10.22	7.66	304	4560	3	3	9
					CC 4 Turbo	2 L	6	200 HP	Direct Shift Gearbox	Gasoline	19200	10.75	15.87	12.58	9.43	247	3705	58	5	5
Luxury	Nissan	Altima	4902	0.8	4	2.5 L	6	136 HP	Automátic	Gasoline	13800	15	22.6	17.67	13.26	176	2640	6	8	9
					4	3.5 L	6	201 HP	Automátic	Gasoline	17400	11.9	18.4	14.15	10.61	220	3300	23	6	7
Minivan´s	Toyota	Sienna	4,861	0.8	4X2 5	3.5 L	6	266 HP	Automátic	Gasoline	24600	8.4	12.7	9.91	7.43	314	4710	12	3	9
Minivan´s	Honda	Odyssey	4741	0.8	LX 5	3.5 L	6	250 HP	Automátic	Gasoline	31800	6.5	13.2	9.71	7.28	320	4800	11	3	9
					EX 5	3.5 L	6	250 HP	Automátic	Gasoline	31800	6.5	13.2	9.71	7.28	320	4800	11	3	9
					EXL 5	3.5 L	6	250 HP	Automátic	Gasoline	31800	6.5	13.2	9.71	7.28	320	4800	11	3	9
					TOURING	3.5 L	6	250 HP	Automátic	Gasoline	31800	6.5	13.2	9.71	7.28	320	4800	11	3	9
Total			135,641	22.6	Average						21307.41	10.47	16.18	13.20	9.90	249	3734	24	5	8

Table 3. Mexico: Top 5 exported cars to the US market, 2014

Category	*Group*	*Model*	*Units*	*Market Share*	*Version/Doors*	*Especifications*				*Fuel Efficiency*					*Adjusted (km/l)*	*CO2 (g/km)*	*Yearly CO2 (Kg)*	*NOx (g/1000km)*	*Green-house gases*	*Air pollu-tion*
						Size	*Cylinders*	*Potency*	*Transmission*	*Fuel*	*Yearly Consumpt Mexican ($)*	*City (km/l)*	*Highway (km/l)*	*Mixed (KM/l)*						
Compact	Ford	Fusion	261637	13.9	4Turbo	2 L	4	240 HP	Automátic	Gasoline	17700.00	11.7	18.76	15.48	11.61	201	3015	10	7	9
					4	2.5 L	4	170 HP	Automátic	Gasoline	16800.00	12.32	19.72	16.22	12.16	192	2880	39	7	?
Light commercial & Pick Ups	GM	Silverado 2500	215546	11.5	Cab Reg 4X2 2	5.3 L	8	355 HP	Automátic	Gasoline	23500.00	8.8	13.69	10.49	7.86	296	4440	12	3	9
					Cab Reg 4X4 2	5.3 L	8	355 HP	Automátic	Gasoline	24200.00	8.54	13.13	10.13	7.6	307	4605	12	3	9
					Cab Ext 4X2 2	5.3 L	8	355 HP	Automátic	Gasoline	24200.00	8.54	13.52	10.24	7.68	304	4560	12	3	9
					Crew Cab 4X2 2	5.3 L	8	355 HP	Automátic	Gasoline	24200.00	8.54	13.52	10.24	7.68	304	4560	12	3	9
					Crew Cab 4X4 2	5.3 L	8	355 HP	Automátic	Gasoline	25300.00	8.16	12.84	9.76	7.32	318	4770	12	3	9
					Double Cab 4X4 2	5.3 L	8	355 HP	Automátic	Gasoline	25300.00	8.16	12.84	9.76	7.32	318	4770	12	3	9
Light Commercial & Pick ups	Chrysler	Ram 2500	191710	10.2	Laramie Crew Cab 4X4 4	5.7	8	395 HP	Automátic	Gasoline	34300.00	6.03	10.56	7.47	5.6	416	6240	11	0	9
					R/T Cab Reg 4X2 2	5.7	8	395 HP	Automátic	Gasoline	32400.00	6.37	10.08	7.63	5.73	407	6105	15	0	8
					R/T Cab Reg 4X4 2	5.7	8	395 HP	Automátic	Gasoline	32400.00	6.37	10.08	7.63	5.73	407	6105	15	0	8
					SLT Crew Cab 4X2 4	5.7	8	395 HP	Automátic	Gasoline	32600.00	6.35	10.09	7.62	5.72	408	6120	15	0	8
					Longhorn Crew Cab 4X4 4	5.7	8	395 HP	Automátic	Gasoline	32400.00	6.37	11.16	7.89	5.92	394	5910	16	0	8
					ST Cab Reg 4X2 2	5.7	8	395 HP	Automátic	Gasoline	32100.00	6.44	10.97	7.91	5.93	393	5895	24	0	7
					SLT Crew Cab 4X4 4	5.7	8	395 HP	Automátic	Gasoline	36700.00	5.69	10.29	7.12	5.34	436	6600	83	0	4
					ST Cab Reg 4X4 2	5.7	8	395 HP	Automátic	Gasoline	36700.00	5.63	10.29	7.07	5.3	440	6600	119	0	3
					Laramie Crew Cab 4X2 4	5.7	8	395 HP	Automátic	Gasoline	32500.00	6.36	10.59	7.75	5.82	401	6015	151	0	2
Compact	Nissan	Sentra	ND	ND	4	1.8 L	4	129 HP	Manual	Gasoline	14500.00	14.3	22.4	17.08	12.81	182	2730	17	8	8
					4	1.8 L	4	129 HP	X-Tronic CVT	Gasoline	13200.00	15.7	23.3	18.4	13.8	169	2535	19	8	7
Subcompact	Nissan	Versa	ND	ND	SEDAN 4	1.6 L	4	106 HP	Manual	Gasoline	13800.00	15	21.1	18.61	13.96	167	2505	18	8	?
					SEDAN 4	1.6 L	4	106 HP	Automátic	Gasoline	14200.00	14.6	20.9	18.27	13.7	170	2550	24	8	?
Total			668,893	35.6	Average						25666.67	9.05	14.28	11.08	8.31	316	4739	31	3	8

The alternative energies reach of Mexico

The country has a huge endowment of renewable energy sources (biomass, hydropower, geothermal, solar and wind). By 2014 the country had a proven potential to generate 13,167 GWh/year of renewable sources and had 16,070 MW of installed capacity.

Table 4

Energy	*Installed Capacity (MW)*	*Generation GWh/year*
Hydro	12,474	38,821
Wind	2,037	6,086
Geothermal	847	6,104
Biomass	646	1,399
Solar	66	84
Total	16,070	52,494

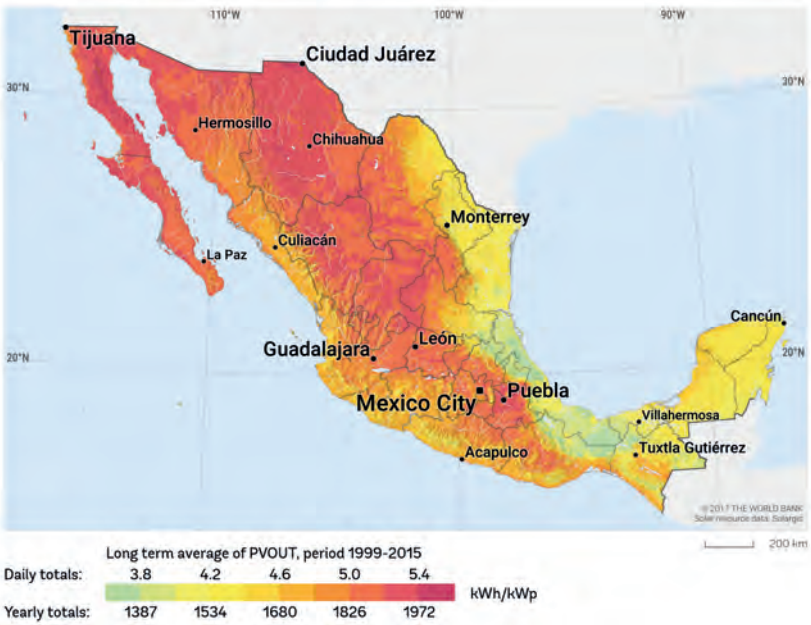
Source: National Inventory of Renewable Energy, Ministry of Energy.

Hydropower has the highest installed capacity and geothermal power capacity places Mexico 4th worldwide, yet its endowments in solar and wind energies are striking. According to European Photovoltaic Industry Association (EPIA, 2011), Mexico ranks third in solar potential, just next to China and Singapore, excelling among the Solar Belt countries. The north and northeastern regions have the highest solar radiation and can reach values over 8.5 kWh/m, while the yearly average is 5.5 kWh/m^2. Furthermore solar energy has a potential of 6,500,000 GWh (ProMexico, 2015).

Likewise the wind potential in such regions as the Isthmus of Tehuantepec is among the best worldwide (Juárez & León, 2014). Yet, wind potential is estimated at 40,000 MW and spreads out to five different zones.

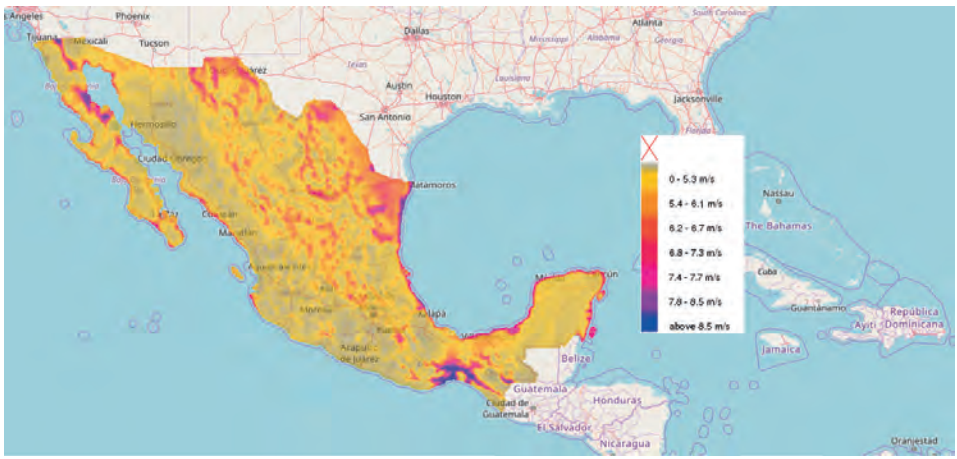
From 2003 to 2013 such leading firms as NGK, Dynamic Kontrol, Sanyo, Jabil Alstom, Speco, Next, Siemens, Circuit, Rubenius, Iberdrola, Acciona, Grupo Safran, Ericsson, Odebrechedt, and Nissan —among many others— poured in the country 11 billion to build wind and solar parks and created 22,000 jobs along 57 projects.

Map 3. Mexico Solar Wind Potential



Source: Global Solar Atlas (2017).

Map 4. Mexico Wind Energy Potential



Source: IRENA (2017).

Map 5. Leading renewable energy companies

Source: ProMexico (2016).

By 2015 there are 9,520 MW in projects for clean energy in the country. Yet the share of clean energies of the total power generation is just 16%; a contribution that has slowly progressed (cfr. Aleman-Nava et al., 2014). In this respect, in May 2012 was enacted the General Law for Climate Change targeting at 35% share of clean energies by 2024. The 2012 Energy Reform is expected to attract more FDI flows to the sector in general as it encourages private investments in exploration and commercialization phases.

Where is the Mexican transition? An approach from the MLP and the DILC model

The MLP perspective underscores that the reorientation of firms-in-industries goes through socio technical transitions implying changes in technology, belief systems, and industry mission. The Dialectic Issue Life Cycle (DILC) model highlights that transitions are a contested terrain with multi-dimensional struggles between many stakeholders (firms, policymakers, consumers, wider

publics, social movements, activists, and the like). The DILC emphasizes the co-evolution between the dynamics of these problems and the emergence and application of technical solutions, and the struggles, disagreements, and conflicts involved in this co-evolution process (Penna & Geels, 2012; 2015; Geels, 2011; Geels & Penna, 2015).

The model's core logic, states Penna & Geels, is that social, cultural and political mobilization processes around a problem gradually lead to increasing pressures on an industry while firms reluctantly reorient towards more substantive technical solutions as they are 'locked in' by industry regimes.[24] There are five phases in the lifecycle of a transition.

> Societal problems (or 'issues') first emerge in civil society (with activists, disadvantaged groups or researchers articulating criticisms), then spill over to wider publics, and then enter policy debates. While mobilization in the first three phases mainly occurs in the socio-political environment, the societal problem affects the industry's economic environment in the fourth and fifth phase, first via substantive legislation that affects economic frame conditions, followed by changes in consumer preferences and market demand. (…) Only when increasing pressures begin to affect the economic environment do industry actors move towards diversification and reorientation in phases 4 and 5 (Penna & Geels, 2015: 1031).

In the following table these authors depict these phases and underscore the dynamics between problems, pressures, solutions and strategies of incumbents and stakeholders. Whit this in mind, in the next paragraphs I describe the main developments taking place in Mexico in terms of the broad landscape and industry regime; institutions/policymakers/New entrants actions; consumers/wider publics concerns-preferences; and social movements/activists pressures.

Landscape and industry regime

As stated, the auto industry regime in Mexico is deeply involved in the ICE/Oil era. For one thing, auto production depends heavily of the American market and its internal market follows its development in consumer preferences. Second, at the landscape level, the public budget and the economy as a whole still depend heavily on the production and commercialization of petroleum.

[24] Industry regimes have four elements: (a) technical capabilities and routines (*i.e.*, techno-logical regimes), (b) industry beliefs and mindsets, (c) mission and identity, and (d) formal policies and regulations (Geels, 2014).

Table 5. A Summary of the DILC- model dynamics

Phases	*Dynamics of societal "problems" and associated "preassures"*		*Dynamics of "solutions" and strategies of incumbent industries*	
	Socio-political pressures	*Economic pressures*	*Socio-cultural, and political strategies*	*Technology and innovation strategies*
1: Problem emergence, and industry neglect	The problem first emerges when activist groups articulate concerns. Uncertainty about causes and consequences gives rise to sense-making	No specific pressure from task environment	Incumbent firms do not recognize the problem, or downplay its importance.	No technology strategy is deployed in response to the issue.
2: Rising public concerns, and defensive industry responses	Activists create a social movement that pushes the issue onto public agendas. Increasing public worries create pressures on policymakers who express concerns and create committees (symbolic actions).	Relative regime outsiders (e.g. suppliers, foreign firms, new entrants) begin to develop technical solutions.	It further denial of the problem damages reputations, firms defend themselves by creating a closed industry front that contests claims from social movements and lobbies policymakers	Firms may develop incremental technologies that stay within the bounds of the existing regime.
3: Political debates/controversies and defensive hedging	Rising public attention pushes the problem onto policy sub-system agendas, leading to formal hearings and investigations.	Alternatives may find foothold in small market niches linked to "moral consumers".	Industry actors argue that regulations are not necessary, because thy will "voluntarily" implement (incremental) solutions. They may also emphasize costs or technical complexity.	Incumbents publicly portray radical solutions as unfeasible. For defensive reasons, howeber, industry actors may hedge and privately explore radical solutions in laboratories.
4: Formations and implementation of substantive policy, and industry diversification	Escalating public concerns pushes the problem onto macro-political agendas where politicians may introduce radical legislation. This is followed by policy implementation by administrative agencies.	Regime outsiders lead developments targeted at the growing (but limited) "moral consumer" market segment. However, concerns do not (yet) spill over mainstream markets.	Firms and industry associations contest the formation and implementation of radical policies. First-mover firms may, however, argue for tougher regulations to raise costs for competitors.	Firms diversify and increase R&D incestments in radical alternatives. Individual firms embrace the new technology more enthusiastically to "jockey for position"" in the expectation of growing markets. This could cause cracks in the closed industry front and lead to an "innovation race".
5: Spillovers to the task environment, and strategic reorientation	The problem may lead to new markets when public discourses lead to changes in mainstream consumer preferences or when regulators substantially change economic frame conditions (through taxes, incentives, legislation).		To take advantage of economic opportunities, incumbents reorient towards the new technology and markets. Adressing the problem also becomes part of the industy´s core beliefs and mission, leading to further transformation of the industry regime.	

Source: Penna & Geels (2015: 1032).

In fact Mexico is locked-in in the oil era in many respects as oil commercialization represents 8% of total exports and contributes in taxes more than one third of the federal budget, while the Mexican Petroleum company (Pemex) remains the second largest in the country (with revenues of $103,800),[25] the fourth largest worldwide as a firm and the eighth in terms of output.[26] It is the third largest oil exporter in to the US market and the seventh exporter worldwide. At the same time auto-mobility in Mexico depends on fuels supply from the American market, as 40% from total gasoline supply came from it.

As for the dominant public discourse, the government has three decades promoting and applying a neo-liberal narrative to development. Sustainability narratives are just beginning in public planning. The National Development Plan 2012-2018 includes sections devoted to new mobility, clean energies, and sustainable development. Yet these are marginal in the overall plan and even more so in practice and there are not green growth economy policies revolving around an integrated framework or whatsoever. So sustainability transition discourse is still to be articulated in a comprehensive way.

A more promising language has been introduced in the Law for the Use of Renewable Energy and Finance of the Energy Transition (2008), in the National Program for the Sustainable Exploitation of Energy (2014-2018), and in the General Law on Climate Change (2012), where government speaks out of reducing the use and dependency of fossil fuels, targets a reduction in emissions of 30% by 2020 (of 50% by 2050) —as compared with the emissions in 2010—, and purports to reach a 35 percent share of clean energy by 2024.

As noted, there are also positive developments in renewable electricity niches, namely wind, solar, hydro and bio energies, as showed above. Yet they go against some negative developments in global-electricity regimes taking place. The shale gas revolution has led cheap coal to flood world-market taking down oil prices (Geels, 2014). For instance, while during the last oil price bubble, by 2008, the price of the Mexican oil barrel reached $140, today —December 2015— it is at $29. Likewise, while gasoline prices by 2008 hit $5 per gallon in the US market, today they are at $2.6 average (data from: <http://portalweb.sgm.gob.mx/economia/es/energeticos.html>.

[25] Data from *Latin Trade (2011):* "Latin 500. Latin America's Largest Companies". In <http://www10.iadb.org/intal/intalcdi/PE/2011/09100.pdf> July-Aug.

[26] In terms of revenues, Pemex ranks 13th worldwide, next to Exxon, Mobil, Wall Mart, Chevron, Conoco, GM, Petrobras, General electric, Berkshire Hathaway, Fannie Mac, Ford, HP and ATT. According to Aleman-Nava et al. (2014), Mexico ranks ninth in the world in crude oil reserves and fourth in natural gas reserves in America.

This means that the clash between innovation niches and resilient regimes in the Mexican case is even stronger because of the Mexican economy oil dependency. As a result, since the current instability in the oil market, the Mexican peso has devaluated and public finances are stalled.

Institutions/New entrant actions/ Innovation niche level

Is there a struggle between new entrants and incumbents in Mexico in the auto sector? It is just at the very beginning. There are new drivers but they are few and are greatly marginalized from both institutions and market support.

We have documented the presence of EVs entrepreneurs in three states. Two are in North Mexico (Hermosillo, Son, and Monterrey, Nuevo León); and one is in the Bajío Region (Guadalajara, Jalisco). They have created electrical engines, and adopted it into an ICM trim and body; all they are engineers, with majors in electronics and computational systems. Two of them have created their own business. For instance, the Hermosillo entrepreneur runs *Energy EV*, a micro services store with parts and components for EVs. The Monterrey entrepreneur owns *New Technology Development* and works for a national retail company with a large vehicle fleet where is in charge of exploring fuel efficiency and alternative energies. Yet incumbent elites, public officers and OEM have just ignored them. They remain largely isolated without any kind of public and private support to grow their projects.

Another innovator is Daniel Mastretta and his family, who created the MXT —a sporty car first introduced in 2008 as the first automobile entirely designed and produced in the country. By 2011 they started production in Toluca, Mexico, with a launching capacity of 150 units to be exported to United States and Europe. Three year later, after struggling to get founding to produce it and gain presence in the market, they just recently go to bankruptcy complaining about the lack of public and private support to strive and go ahead with an enterprise like this in Mexico.[27]

[27] Angeles Mastretta, the Mexican writer part of this family, made public their disappointment with the public institutions which are meant to back new drivers in the country. See *Cambio* (18-03-2015). In http://www.diariocambio.com.mx/2015/zoon-politikon/item/1586-los-hermanos-mastretta-quiebran-tiran-la-toalla-y-dejan-a-la-deriva-el-mastretta-mxt.

Photograph 1. Local EVs Innovators

Source: Car owners.

Photograph 2. Local EVs Innovators

Source: Station owners.

Photograph 3

Source: Wikipedia: <https://es.wikipedia.org/wiki/Mastretta_MXT>.

The demand for green: Consumers/wider public concerns-preferences

There is not such a thing like economic competition between 'grey' and 'green' products in Mexico. Green products are rare in the market and consumers do not place green articles and artifacts among their demands. Not by chance in the Latin America and global context Mexico excels as one of the largest per capita gasoline consumers.[28] Related to this is the fact that 8 out of 10 Mexicans say they know nothing or just a little about climate change.[29]

[28] Data from *CNN Expansión*, It quotes a SHCP report, according to which Mexico per capita gas consumption is 22%, 103%, 141%, 192%, and 242% higher than that of Germany, Italy, Chile, Spain and France, Argentina and Brazil, respectively. In *México alto consumidor de gasolina* (01-13-2013) en <http://www.cnnexpansion.com/economia/2013/01/13/mexico-alto-consumidor-de-gasolina>.

[29] Data from a survey of Parametria, quoted by Expok Comunicación de Sustentabilidad y RSE. Accessed at <http://www.expoknews.com/8-de-cada-10-mexicanos-sabe-poco-del-cambio-climatico/> on November 5, 2015.

In addition in Mexico there are scant incentives to induce changes in the consumer behavior. Firms' place the blame on government pointing out that it does not provide subsides to the potential consumers of EVs as in other countries. This fact takes on greatest importance regarding the limited purchasing power of the median Mexican consumer.[30]

Though, the Mexican government has just recently announced some actions. The Electrical Federal Commission (CFE) says they will install extra-charging units at homes whose owners buy EVs. It says also that they will start placing charging stations and substituting its vehicle fleet with EVs.

Some private representatives demand public subsides as the ones granted by cities leading the EV turn, yet the Mexican government have no plan to introduce them.[31]

Activist pressures: Cities and social movements

Only three cities started to place a new transportation system as a part of their political discourse, Mexico City, Guadalajara and Leon. They have introduced Bus Rapid Transit (BRT) systems. The so-called Metrobus, the most important of all, was first introduced in 2005; nowadays it has 12 lines and transport more than one million passengers daily. At the same time Mexico City has broaden the "tube (the Meter) system", the second largest in North America and the eight highest ridership worldwide, which is critical for the daily commuting of four million people. Currently the Meter has twelve lines, 195 stations, and 226.5 km of route.

Nevertheless, even in these cities most of the public budget remains directed to enlarge the infrastructure of the auto-mobility system, including streets, avenues, bridges, and —in Mexico City— an incredible 58 km ring at the "second floor level."

[30] *El Financiero* newspaper quotes Marcos Pérez, Ford's Development Product, pointing out: "… Mexico does not incentive consumers to shift their preferences to EVs. It is necessary to subside this market".

In (5-11-2014) *5 autos ahorradores y 5 que consumen más gasolina en México,* <http://www.elfinanciero.com.mx/empresas/los-autos-ahorradores-y-los-que-mas-consumen-gasolina-en-mexico.html>.

[31] The CEO of AMIA, Eduardo Solis, underscores the case of California, where local government subside EV buyers with up to $ 10,000. Cfr. *El Economista* (04-13-2015).

Photograph 4. Second Floor. Adolfo López Mateos Boulevard

Source: <https://es.wikipedia.org/wiki/Anillo_Perif%C3%A9rico_(Valle_de_M%C3%A9xico>.

Photograph 5. Second Floor. San Jeronimo vial Distributor

Source: <https://es.wikipedia.org/wiki/Anillo_Perif%C3%A9rico_(Valle_de_M%C3%A9xico>.

As for social movements, there are emerging green movements in mobility systems particularly bicyclers have been growing all over the country. Yet, they are a small part of the population and do not put under question the dominant automobility system. International alternative mobility systems are making inroads in the country, such as Embarq Mexico, the International Institute for Transportation and Development Policy (ITDP) and the Mario Molina Center for Strategic Studies in Energy and the Environment. They have used their human, financial and organizational capacities to influence on city public representatives to make the transition to more sustainable transportation systems and been able to work with the above cities to introduce BTRs. Yet, they have no influence on society, public discourses or social narratives, so that they influence ratio remains quite limited, mostly at the elite level.

Debate and conclusions: Towards a linking strategy between EVs and clean energies

The Mexican auto industry is in the midst of a great boom. One leading automaker after another are pouring money and developing new projects in order to further compete and penetrate the US market. Yet the MAI continues mostly manufacturing and selling ICVs.

The specialized literature tell us that the transition from ICE to EVs is conditioned by objective factors —namely fuel prices, autonomy range of batteries, battery prices, alternative energies, charging infrastructure development and government grants —and subjective ones— namely consumer preferences, social values related with climate change and new technology (Pasaoglu et al., 2013; Shoemaker, 2012; Liu et al., 2013; BCG, 2010; among others).

This paper has shown that in the case of Mexico two powerful forces hinder the transition from ICE to EVs and act as a lock-in mechanism anchoring the country in the ICE/Oil era. One the one hand, the country has sizeable oil dependence. On the other the MAI remains highly dependent on the US market; and like USA Mexico belongs to the world automotive hub that lags behind in the transition to new mobility systems and the reduction of CO2 emissions. Furthermore, provided that the US market benefits from the actual shale revolution and the concomitant cheap coal flooding world-market and taking down oil prices, the demand for ICEs gas-guzzlers has dramatically increased in the Mexican auto industry.

One positive development that is taking place in Mexico is the boom of renewable electricity niches, namely wind, solar, hydro and bio energies, as showed above. Despite the fact that this goes against the negative developments

in global-electricity regimes, in Mexico there is a chance that the development of alternative energies in Mexico acts as a key factor impacting on EVs progress at both production and consumption levels and vice versa.

"Transport electrification/EVs can be the big bang unleashing clean energies & overcoming its shortcomings at sustainability and profitability" has said José Santamarta —leader of the Asociación Empresarial Eólica de España (Wind Spain Business Association).[32] The premise can be put it the other way around: clean energies can be the big bang unleashing EVs and overcoming its shortcomings at sustainability and profitability. In the case of Mexico the rationality for this is based on the fact that both automobile and clean energy industries are booming, as well as on the fact that while EVs have not been produced and consumed, the full potential of the clean energy industry has not been yet exploited.[33] On the other hand, both industries depend on the development of emerging and convergent industries and services such as information and communication technologies.

Therefore, in the Mexican case at least the key co-evolution to study and nurture is the one between EVs and clean energies. Provided that a similar co-evolution took place between the ICE and the oil industry at the beginning of the past Century, the problem in Mexico is best portrayed as a socio-technical transition challenge so that beyond the transformation of an automobile industrial regime the country faces structures anchored in production, policy, consumption and cultural patterns belonging to the old industrial and energy regime.

Our evidence shows that Mexico is in the very earlier stages of the transition towards EVs and clean energies. From the MLP and DILC perspective this implies that the struggle for "framing" the transition is rather weak. Just a limited number of emergent actors and innovators are identifying the shortcomings and environmental consequences of the dominant industrial regime, so that there is neither a rising public concern nor a public debate about these issues. In this context, incumbent actors and industries face scant pressures to further move to EVs. Their reputation and decisions are not under question and they can introduce slow/incremental solutions —*e.g.*, improving fuel efficiency— at the rhythm they please to.

These scenarios lend support to our thesis that a key possibility for Mexico to make the transition to EVS relies on the ability of the Mexican government, social movements, entrepreneurs and innovators to turn the country into a hub for both

[32] At REVE, in <http://www.evwind.com/sobre-el-vehiculo-electrico/la-eolica-y-el-vehiculo-electrico/>

[33] Aleman-Nava et al. (2014) shows clearly that the exploitation of renewable energies in Mexico has just started.

EVs and clean energies. In this respect, a multilevel state intervention through taxes, regulations, and incentives is critical to influence on the dominant industrial regime and social practices —as shown in a number of experiences worldwide.

References

Aleman Nava, Gibran, Victor Casiano Flores, Diana Cardenas Chavez, Rocío Díaz Chavez, Nicolae Scarlat, Jürgen Mahlknecht, Jean-Francois Dallemand & Roberto Parra (2014), "Renewable energy research progress in Mexico: A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 32-140-153.

Álvarez, Lourdes, Jorge Carrillo & M Luisa González M. (2014), *El auge de la industria automotriz en México en el siglo XXI. Reestructuración y catching up,* Mexico, FCA-UNAM.

Amatucci, Marcos (2013), "The World that Chose the Machine: an evolutionary view of the technological race in the automobile history", Paper presented at the Gerpisa 2013 Colloquium, Paris.

AMIA (Asociación Mexicana de la Industria Automotriz) (2014). Accessed at: <http://www.amia.com.mx/>, on October 10, 2015.

BCG Focus (Boston Consulting Group) (2010), *Focus Batteries for Electric Cars. Challenges, Opportunities, and the Outloock to 2020*. Accessed at: <https://www.bcg.com/documents/file36615.pdf>, on September 22, 2015.

Centro Mario Molina (2010), "Propuesta normativa de carácter federal para regular el rendimiento de combustible y la emisión de gases efecto invernadero en vehículos ligeros nuevos comercializados en México". Accessed at: <http://centromariomolina.org/wpcontent/uploads/2012/05/9.PropuestaNormativaRegularREndimientoCombustibleVehiculosLigerosMexico_fin.pdf>, on October 14, 2015.

Covarrubias V., Alex (2014), *Explosión de la Industria Automotriz en México. De sus Encadenamientos Actuales a su Potencial Transformador*, Fundación Friedrich Ebert México, Cuadernos de Análisis 1.

Dlakmann, Holger & Ko Sakamoto (2011), "Transport: Investing in energy and resource efficiency", *Towards a Green Economy*, UNEP, Oxford University Press.

El Economista (2015a), "Industria automotriz superó petróleo como generador de divisas". Accessed at: <http://eleconomista.com.mx/industrias/2015/01/12/industria-automotriz-supero-petroleo-como-generador-divisas-amia>, on September 08, 2015.

El Economista (2015b), "Gobierno y AMIA impulsarán compra de autos eléctricos". Accessed at: <http://eleconomista.com.mx/industrias/2015/04/13/gobierno-amia-impulsaran-compra-autos-electricos>, on September 10, 2015.

El Informador (2015), "México en la mira de más fabricantes automotrices". Accessed at: <http://www.informador.com.mx/economia/2015/596094/6/mexico-en-la-mira-de-mas-fabricantes-automotrices.htm>, on October 27, 2015.

EPIA (European Photovoltaic Industry Association) (2011), *Unlocking the Sunbelt Potential of Photovoltaics*. Accessed at <http://www.mesia.com/wp-content/uploads/2012/08/EPIA-Unlocking_the_Sunbelt_Potential-of-PV.pdf>, on March 05, 2015.

EV-Info (2015), EV-Database with EV-Companies. Accessed at <http://www.ev-info.com/>, on November 12, 2015.

Expok Comunicación de Sustentabilidad y RSE. Accessed at: <http://www.expoknews.com/8-de-cada-10-mexicanos-sabe-poco-del-cambio-climatico/>, on November 5, 2015.

Forbes (2015), "Los cinco autmóviles que más exporta México a EUA". Accessed at: <http://www.forbes.com.mx/los-5-automoviles-que-mas-exporta-mexico-a-eu/>, on October 20, 2015.

Freyssenet, Michael (ed.) (2010), *The Second Automobile Revolution. Trajectories of the World Carmakers in the 21st Century*, Palgrave.

Geels, F. W. (2011), "The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms", *Environmental Innovation and Societal Transitions,* 1, 24-40.

Geels, F. W. (2014), "Re-conceptualizing the co-evolution of firms industries and their environments: developing an inter-disciplinary triple embeddedness framework", *Research Policy*, 43 (2), 261-277.

Geels, F. W. & C.C.R. Penna (2015), "Societal problems and industry reorientation: elaborating the Dialectic Issue Life Cycle (DILC) model and a case study of car safety in the USA (1900-1995)", *Research Policy*, 44 (2015), pp. 67-82.

Global Solar Atlas (2017). Accessed at: <http://globalsolaratlas.info/downloads/mexico>, on October 31, 2017.

Green facts (2015), "Captura y almacenamiento de CO2". Accessed at: <http://www.greenfacts.org/es/captura-almacenamiento-co2/>, on October 5, 2015.

Hylton, S. (2009), *The horseless carriage: the birth of the motor age*, Stroud, Gloucestershire, UK, The History Press.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2014), "Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo". Accessed at: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/encuestas/hogares/regulares/enoe/>, on August 15, 2015.

IRENA (2017). Accessed at: <https://irena.masdar.ac.ae/gallery/#map/619>, on October 31, 2017.

Juárez-Hernández, Sergio & Gabriel León (2014), "Energía eólica en el istmo de Tehuantepec: desarrollo, actores y oposición social", *Revista Problemas del Desarrollo*, 178 (45), julio-septiembre.

Kingsley, Dennis & Jhon Urry (2010), *After the Car*, USA, Polity.

KPMG International (2010), *The Transformation of the Automotive Industry: The Environmental Regulation Effect*, USA.

KPMG (2015), *KPMG's Global Automotive Executive Survey*, USA.

Liu, Yimin, Erica Klampfl & Michael A. Tamor (2013), "Modified Bass Model with External Factors for Electric Vehicle Adoption", Paper presented at the SAE 2013 World Congress. Accessed at: <https://www.researchgate.net/publication/293025290_Modified_Bass_Model_with_External_Factors_for_Electric_Vehicle_Adoption>, on January 10, 2016.

Mikler, J. (2009), *Greening the Car Industry: Varieties of Capitalism and Climate Change,* Cheltenham, UK, Edward Elgar.

OICA (Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles) (2015), Production and Sales Statistics. Accessed at: <http://www.oica.net/>, on July 22, 2015.

Pasaoglu, G., D. Fiorello, L. Zani, A. Martino, A. Zubaryeva & C. Thiel (2013), *Projections for Electric Vehicle Load profiles in Europe Based on Travel Survey Data,* JRC Scientific and Policy Reports, European Commission.

Penna, C.C.R., F. W. Geels (2015), "Climate change and the slow reorientation of the American car industry (1979-2012): An application and extension of the Dialectic Issue Life-Cycle (DILC) model", *Research Policy,* vol. 44, Issue 5, June, pp. 1029-1048.

Penna, C.C.R., F. W. Geels (2012), "Multi-dimensional struggles in the greening of industry: a dialectic issue lifecycle model and case study", T*echnological Forecasting and Social Change,* 79(6), pp. 999-1020.

ProMexico (2015), "Perfil del Sector Automotriz", Accessed at: <http://mim.promexico.gob.mx/JS/MIM/PerfilDelSector/Automotriz/150707_FC_Autopartes_ES.pdf>, on November 12, 2015.

ProMéxico (2016), Accessed at: <http://www.promexico.gob.mx/documentos/folletos-sectoriales/renewable-energy.pdf>, on October 31, 2017.

PwC México (2014), Doing Business in Mexico, *Automotive Industry*. Accessed at: <https://www.pwc.de/de/internationale-maerkte/assets/doing-business-mexico-automotive.pdf>, on October 31, 2017.

REVE (Revista Eólica y del Vehículo Electrico) (No year). Accessed at: <http://www.evwind.com/sobre-el-vehiculo-electrico/la-eolica-y-el-vehiculo-electrico/>, on April 15, 2015.

Segob (Secretaría de Gobernación) (2013), Comisión para el Diálogo con los Pueblos Indígenas de México. *La Energía Eólica en México. Una Perspectiva Social sobre el Valor de la Tierra,* México.

Shoemaker, Michael H. (2012), "A Bass Diffusion Model Analysis: Understanding Alternative Fuel Vehicle Sales", CMC Senior Theses, Paper 399. Accessed at: <http://scholarship.claremont.edu/cmc_theses/399>, on October 23, 2015.

Sundar, S., C. Dhingra, D. Sharma & A. T. Ghate (2011), *Transport investing in energy and resource efficiency*. *Towards a Green Economy*, UNEP, Oxford University Press.

Transport and Environment (2015), "European carmakers confronted with 'end of diesel'". Accessed at: <http://www.transportenvironment.org/news/european-carmakers-confronted-%E2%80%98end-diesel%E2%80%99>, on October 16, 2015.

Twenergy (2012), "Las emisiones contaminantes de los coches", Twenergy (31/07/2012). Accessed at: <http://twenergy.com/a/las-emisiones-contaminantes-de-los-coches-605>, on March 15, 2015.

Urry, John (2013), *Societies beyond Oil: Oil Dregs and Social Futures*, Londres, Zed Books.

Vasconcellos, E. A. (2011), *Desarrollo Urbano y Movilidad en América Latina*, Bogotá, Corporación Andina de Fomento (CAF).

Vasconcellos, E. A. (2010), *Análisis de la movilidad urbana: espacio, medio ambiente y equidad*, Bogotá, Corporación Andina de Fomento (CAF).

Whitmarsh, L. & J. Khöler (2010), "Climate change and cars in the EU: the roles of auto firms, consumers, and policy in responding to global environmental change", *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, vol. 3, Issue 3, Nov.

Capítulo 2
El *boom* de la Industria Automotriz en México. Oportunidades y desafíos frente a las cadenas de valor global

Jorge Carrillo[1]

Introducción

México se encuentra en un franco e importante dinamismo ante el sector automotriz. Este *momentum* abre una serie de oportunidades que pueden ser aprovechadas no sólo para elevar la competitividad de las empresas, sino en un sentido más amplio, para el desarrollo regional. A partir de las recientes políticas públicas implementadas en México para elevar la competitividad internacional, los gobiernos, federal y estatales, han adquirido un claro compromiso con el desarrollo de la industria automotriz. Dado que ésta es considerada "la industria de las industrias" por el gran efecto de arrastre que tiene sobre otros diversos sectores y cadenas, más aún, es considerada como la gasolina de la economía.

Para la Secretaría de Economía (SE), la incorporación del país en las cadenas de valor global (CVG), además de representar una oportunidad para atraer inversión extranjera directa (IED), conlleva la promesa de generar actividades de mayor valor añadido como la ingeniería y el diseño, lo cual podría ser un catalizador para fomentar la investigación y el desarrollo (Secretaría de Economía, 2012). Asimismo, acompañando a este proceso, se contempla el arribo de empleos más calificados y mejor remunerados. Desde hace más de veinte años, un componente clave en la estrategia de los gobiernos para apoyar a esta industria ha sido el establecimiento de un enfoque regional, fundamentalmente estatal, a través de las principales aglomeraciones o de los ya constituidos clústers industriales. No obstante

[1] Investigador de El Colegio de la Frontera Norte (Colef). Dirección electrónica: <carrillo@colef.mx>, página web: <www.jorgecarrillo.info>. El autor agradece los apoyos del Conacyt (proyectos 55018 y 254993). Una versión corta de este trabajo en PPT fue presentada en el seminario de Techint, el 1 de marzo de 2016, en la Ciudad de México.

el entusiasmo observado a partir del enorme dinamismo en el sector automotriz, diversas voces enfatizan no sólo las enormes oportunidades que se abren, sino también los grandes retos que se presentan, como se verá al final de este trabajo.

Este capítulo está dividido en tres secciones, aparte de esta breve introducción. En la primera sección se muestra la importancia de manufactura global en México y se presenta información sobre la evolución de la industria automotriz. En la segunda sección se presentan algunos resultados de investigación sobre la participación en la cadena global de valor. En la tercera, se exponen las principales oportunidades y retos.

1. La importancia económica de las exportaciones manufactureras y el rol de la industria automotriz

El sector manufacturero se ha consolidado como una de las actividades económicas más prósperas del país. Como es ampliamente reconocido en la actualidad, "la política industrial y comercio exterior en las últimas décadas ha girado en torno a la promoción de las exportaciones manufactureras" (Cámara de Diputados, 2005: 6). La evolución de las exportaciones totales durante las últimas décadas lo demuestra fehacientemente. En los años ochenta del siglo pasado, la participación de exportaciones manufactureras apenas conformaba 31% del total nacional, en cambio, para los años noventa, este porcentaje aumentó a 68%, y para el periodo de enero-julio de 2016 alcanzó 90% del total de las exportaciones (Banco de México, 2016). La figura 1 muestra este dinamismo y el modelo mexicano basado principalmente en exportaciones y una mezcla de importaciones y autos producidos localmente para el mercado mexicano.

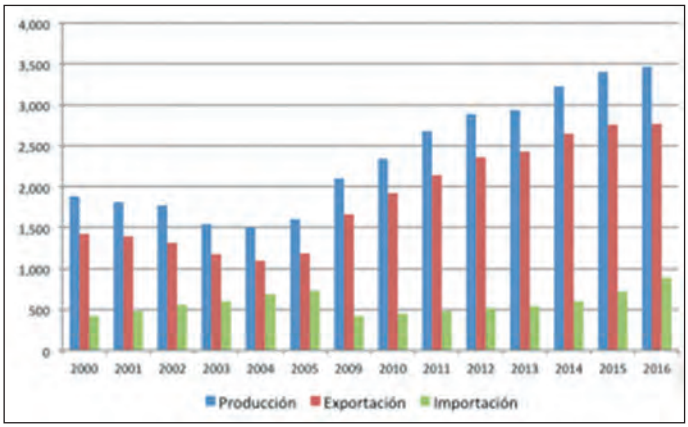
Las razones históricas que explican este proceso expansivo de industrialización en México vía la exportación de manufacturas, y que han sido mencionadas en innumerables ocasiones en la literatura, las podemos resumir de la siguiente manera:

a) La cercanía con el mercado estadounidense: permite, además, cadenas de suministro más cortas, costos de transporte más bajos por artículos voluminosos y tiempos de entrega más rápidos, todo ello bajo modelos empresariales de "moda acelerada", "justo a tiempo" y "respuesta rápida" que han cobrado gran popularidad (Gereffi, 2015).
b) El alto grado de apertura comercial: los tratados de libre comercio que alcanzan ya a 46 países.
c) La disponibilidad de mano de obra a bajos costos relativos: continúa el bono demográfico, los salarios se mantienen a bajo costo y, de particular importancia, aumentaron los salarios en China rebasando a los de México.

d) La estabilidad macroeconómica: control de la inflación, mantenimiento de salarios mínimos por debajo de la línea de la pobreza, y paz laboral a través del control sindical.

Estos factores, aunados a una constante devaluación de la moneda mexicana —que para algunos es considerado como el factor central de atracción[2]—, conforman un paquete económico que, junto con una larga vocación exportadora en diversas regiones de México, tanto del norte como del centro y occidente, constituyen un complejo y dinámico entramado de actores sociales compuesto por instituciones (públicas y privadas), empresas (multinacionales, PYME y especializadas en servicios) y personal altamente calificado. Todo ello estructura, bajo ciertas pautas de regulación y normatividad, ecosistemas de innovación con diferente grado de maduración (Carrillo, Villavicencio, De los Santos y Plascencia, 2016).

Figura 1. Producción de vehículos en México (miles)



Fuente: AMIA, boletines de varios años (www.amia.com.mx).

a) Dinamismo y reconfiguración

Con más de noventa años de historia en México, la industria de manufactura automotriz ha experimentado importantes transformaciones. Aproximadamente,

[2] El centro de investigación CAR menciona en su reciente análisis del sector automotriz en México a la devaluación de la moneda como el factor central de atracción (Swiecki y Menk, 2016).

cada treinta años ha cambiado su modelo en México: de una producción CKD (*completely know down*) para grandes mercados urbanos (décadas de 1930 a 1950), hacia un modelo de desarrollo industrial por sustitución de importaciones a nivel nacional con cero exportaciones y alto proteccionismo (décadas de 1960 a 1980), para luego consolidar una industrialización basada en las exportaciones (décadas de 1990 a 2010).

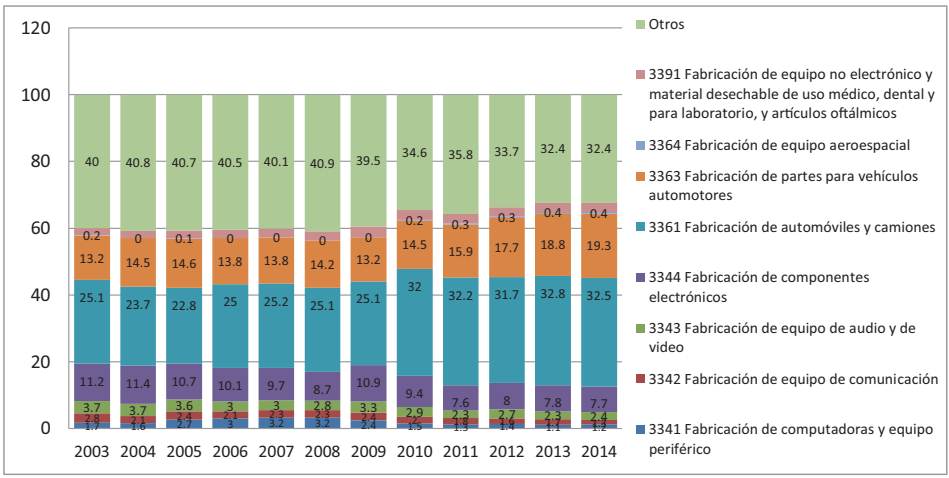
De acuerdo con datos del Inegi (2014), la industria automotriz actualmente es uno de principales sectores dentro de la manufactura global en México. En 2014 representaba 18.2% del PIB manufacturero y 6.4% del PIB total. En ese año participó con 40% del total de las exportaciones, lo que la convierte en la mayor contribuyente al valor agregado en comparación con otras industrias, superando a la electrónica. El valor agregado de exportación del sector automotriz dentro de la manufactura se puede observar en la figura 2**.** La contribución creció de 40% en 2003 a 52% en 2014. Visto en términos tecnológicos, 49% de las exportaciones era automotriz y correspondía a tecnologías media y alta. En 2014, México se colocó como el cuarto país exportador de automóviles (PWC, 2014) y, para 2015, escaló al tercer lugar (Sánchez, 2016).

Respecto del destino de las exportaciones, México exportó 2'758,896 unidades en el año 2015. En términos generales, la mayoría de los vehículos se dirigió hacia Estados Unidos (71.7%) y en menor medida hacia Canadá (10.8%), América Latina (Brasil, 2.4%, Colombia, 2.0% y Argentina, 1.5%) y Europa (Alemania, 3.5%) (CEFP, 2015). Lo que indica que la Unión Americana es, por mucho, el primer socio comercial tanto para México como para aquel país, dadas las exportaciones de automóviles y de autopartes. De hecho, uno de cada cuatro autos vendidos en Estados Unidos fue fabricado en México (*Mundo Ejecutivo*, 2012). Incluso, en materia de Inversión Extranjera Directa, Estados Unidos es el principal inversor en México, dado que concentra 51.3% de la IED en el sector automotriz (entre 1999 y el 2º. trimestre de 2015), seguido de Japón (15.8%) y Alemania (10.6) (CEFP, 2015). Por su parte, los estados que concentran la mayor parte de la IED en la República mexicana son Puebla, Guanajuato, Estado de México, Aguascalientes y Sonora, los cuales en los últimos años se han visto beneficiados por la inversión en sus estados.

México ocupa una posición importante en la industria automotriz no sólo en materia de exportación, sino también en la producción de vehículos. De acuerdo con un reporte de PWC (2014), este país ocupó en 2014 el octavo lugar en la producción de automóviles en el mundo. Sin embargo, en 2016, la Organización Internacional de Constructores de Automóviles (OICA) reportó que, en 2015, México se consolidó como el séptimo país productor mundial y el primer

productor de autos en América Latina con la fabricación de 3´565,469 automóviles, camionetas y camiones.

Figura 2. Valor agregado de exportación de la manufactura global



Fuente: Inegi (2014).

Las estadísticas internacionales indican que México ha presentado un crecimiento sostenido en la producción de vehículos ligeros en los últimos años, por lo que se espera que, para 2020, llegue a fabricar 5.1 millones de unidades y que ocupe el quinto lugar como productor mundial (Ornelas, 2015), y que la inversión extranjera directa aumente a 22.6 millones de dólares en ese mismo año (ProMéxico, 2015).

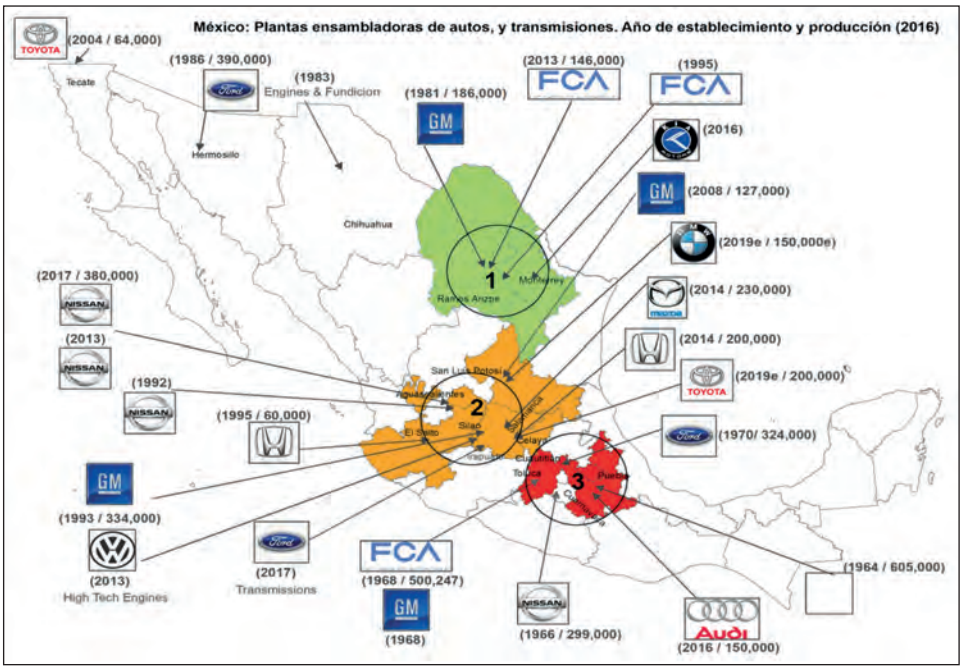
Si bien el crecimiento ha sido sostenido en el sector automotriz desde que se estableció el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) en 1994, conviene resaltar que el dinamismo no tiene comparación a partir de la crisis económica de 2008-2009, como se puede apreciar en la figura 3. Este suceso aceleró la reconfiguración geográfica de la industria, particularmente en la región del TLCAN (Álvarez y Carrillo, 2016). Con ello se vieron muy beneficiadas algunas regiones de México con la llegada de nuevas plantas ensambladoras finales y sus proveedores globales cercanos, como puede observarse en la figura 4. En particular, las regiones del Bajío, el centro y el norte de México se vieron altamente beneficiadas en este proceso.

Figura 3. Producción de vehículos en México, 1978-2020 (promedio)

Producción de vehículos	Periodo	Exportación	Doméstico	Total
		Promedio (millones)		
1978 93	Pre TLCAN	0.14	0.43	0.57
1994 09	TLCAN hasta la crisis	1.19	0.4	1.59
2010-16	Post crisis	2.54	0.55	3.09
2017-20	Pronóstico	3.51	0.78	4.29

Fuente: elaboración del autor con base en datos de AMIA, varios años (www.amia.com.mx).

Figura 4. Plantas ensambladoras de autos y motores en México según clústers productivos



Fuente: Diseño del autor y elaborado por UESG-Colef, con base en datos de AMIA y diversas fuentes (www.amia.com.mx).

Así como México, los países emergentes ocupan, cada vez más, un lugar destacado en la producción asociada a la cadena global automotriz. Por ejemplo, tal como se muestra en la figura 5, en 2001 la tríada (Estados Unidos/Canadá, Europa y Japón —considerando a México) producía el mayor porcentaje de unidades en el mundo; sin embargo, en 2015, otros países emergentes ocuparon lugares protagónicos en la fabricación de vehículos, destaca China con la producción de 25% del total de las unidades.

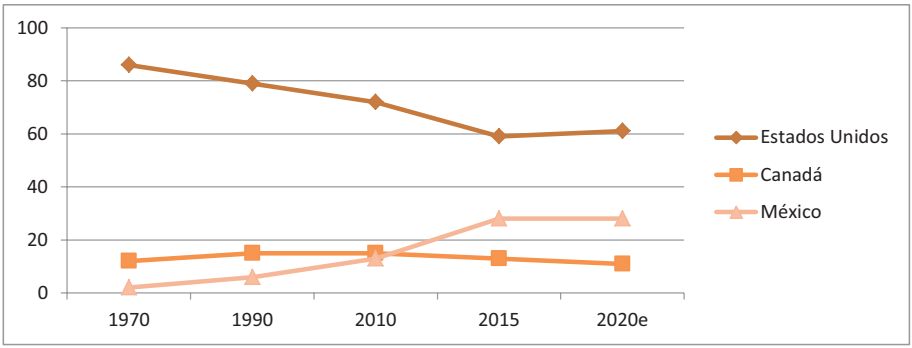
Figura 5. Comparación de porcentaje de producción de unidades por país, 2001-2015

	2001	2015
TLCAN	35	11
Europa Occidental	30	28
Japón	10	11
Sub Total	75%	50%
China	4	25
Resto de Asia	8	10
Este de Europa	4	4
América Latina	4	5
Otros mercados	5	7
Sub Total	25%	51%

Fuente: elaboración propia con base en datos de AMIA (http://www.amia.com.mx) y OICA (http://www.oica.net/category/production-statistics/).

A pesar de que en la región del TLCAN se observó un detrimento de la producción de autos en 2015, es importante destacar el lugar particular que ocupa México. Tal como se observa en la figura 6, Estados Unidos se mantiene como el principal país productor de vehículos, sin embargo, en los últimos años, México ha logrado avanzar, de manera sustantiva, para posicionarse actualmente como el segundo país productor de autos en la región del TLCAN. Mientras que en 1970 representaba 2% del total producido en la región y sólo 6% veinte años después, para el año 2015 logró alcanzar 28 por ciento.

Figura 6. Producción de automóviles, región TLCAN, por año y país 1970-2020



Fuente: elaboración propia con base en datos de la AMIA (http://www.amia.com.mx) y OICA (http://www.oica.net/category/production-statistics/).

A la par que la industria terminal, el sector de autopartes ha ido ascendiendo y escalando lugares en su participación internacional. En 2015, México se consolidó como el quinto productor de autopartes a nivel mundial y, desde 2011, se ha mantenido como el quinto país exportador de autopartes en términos globales (Ornelas, 2016). Sin duda alguna, la industria de autopartes es clave y ha ganado relevancia en diversas cadenas y sectores. La convergencia tecnológica es cada vez mayor. Delphi, el principal proveedor global integrador de sistemas, por ejemplo, tiene una planta en Tijuana en donde la mitad de sus líneas de producción estaba dedicada al sector automotriz y la otra mitad al sector aeroespacial (Carrillo y Plascencia, 2017).

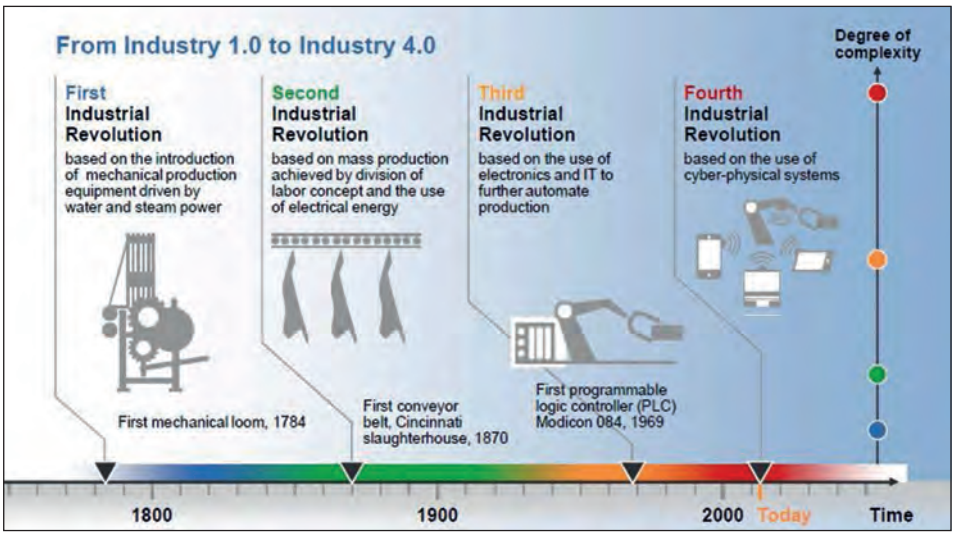
En términos de empleo, el sector automotriz ocupaba, en 2013, a 1 040 000 personas, de las cuales sólo 6.8% se concentraba en los ensambladores finales y 57.5% en las empresas proveedoras. El porcentaje restante se encontraba en la distribución y el *after market*. No cabe duda de que el sector automotriz es intensivo en la generación de empleo, sin considerar su efecto de arrastre, como señalamos al inicio de este documento.

2. Participación en la cadena de valor global

La cadena del sector automotriz está conformada por diferentes segmentos: materias primas, autopartes, componentes, sistemas y módulos, ensambladoras de vehículos, distribución y servicios de posventa. En varios de estos segmentos, si no es que en todos ellos, se presentan actividades de investigación

y desarrollo (I+D). Esta cadena se transformó sustancialmente, primero, con la automatización y casi al mismo tiempo con la llegada de la *lean production*. Actualmente, se está evaluando de manera continua la nueva tendencia al desarrollo de las energías alternativas a la combustión interna y la "Industria 4.0" —como se denomina en Alemania (cfr. la figura 7).

Figura 7. De la Industria 1.0 a la Industria 4.0



Fuente: *Engineers Journal* (2014).

Desde los años ochenta del siglo pasado, la industria automotriz en México ha sufrido una gradual y profunda transformación como parte de las mega tendencias de la globalización y la regionalización (Carrillo et al., 2004). La reorganización social ha implicado no sólo una reestructuración industrial, organizacional y laboral, sino además una nueva geografía productiva orientada al mercado doméstico, pero principalmente, al de exportación. En este contexto, la llegada de IED para ampliar o establecer nuevas plantas de ensamble final (como Ford, Nissan, Honda, Hyndai o Kia) ha estado acompañada de múltiples inversiones de proveedores globales de primer y segundo niveles (como Delphi, Denso, Lear o Valeo). Asimismo, diversas maquiladoras de autopartes se han localizado a lo largo del país con el fin de exportar sistemas y componentes. En este proceso, distintas funciones de la cadena global de valor han entrado a México: plantas de ensamble final, proveedores de distintos niveles e incluso empresas o actividades especializadas en diseño, investigación y desarrollo.

Si bien las empresas líderes son las que controlan la gobernanza de las cadenas (Gereffi, 2015), ha habido cambios sustantivos. De acuerdo con información de la AMIA, mientras que en el año 2000 las Tres Grandes Americanas (Ford, General Motors y Chrysler) representaban 58% de la producción de autos, para 2015 redujeron su participación a 46.3% y se espera que en 2021 sea de sólo 39.7%. Por su parte, las Tres Grandes Japonesas (Nissan, Toyota y Honda) pasaron de 19% a 40.1% en el mismo periodo y alcanzarán, junto con Kia, 38.7% en 2021. Las tres europeas se mantienen estables con 21%, lideradas, fundamentalmente, por Volkswagen.

Otro tanto sucede con la variedad de modelos. Actualmente, circulan más de 40 marcas con 300 modelos en México, pero 84% de ellos es importado y proviene de 25 países. Mientras que México exporta vehículos con precios aproximados de 30 mil dólares en promedio, importa unidades de 10,000 dólares.

Los requerimientos internacionales y transformaciones constantes a las que se han enfrentado las empresas ensambladoras finales han influido en la dinámica del sector de autopartes:

> …antes, la industria automotriz diseñaba el vehículo, producía la mayoría de sus partes y lo ensamblaba. Las empresas de autopartes tenían funciones muy claras en ese modelo productivo. El primer nivel de proveedores (Tier 1) manufacturaba componentes; el segundo nivel (Tier 2) producía algunas partes sencillas que se integraban al nivel Tier 1; y el tercer nivel (Tier 3) proveía materias primas al nivel Tier 2 (Medina, 2013).

Este modelo cambió sustantivamente, ya que empresas Tier 1 son ahora las que realizan la mayor parte de la I+D, como Delphi, Bosh o Valeo. Incluso empresas Tier 2 y 3 también se ven involucradas en la necesidad de realizar actividades de diseño. Además, han surgido empresas especializadas (*outsourcings*) con las que trabajan tanto OEM como empresas de diferentes niveles de la cadena. Los centros técnicos de Delphi están globalizados y México mantiene un rol central dentro de ellos. Los centros de diseño e innovación también se han globalizado y externalizado y nuevos arreglos se observan, como las alianzas entre las ensambladoras alemanas, especialmente VW y las empresas de telecomunicaciones como Huawei.

En este sentido, particular relevancia tiene el desarrollo de los proveedores globales. La cadena de valor de la industria automotriz se ha visto transformada al incorporar a grandes empresas de sistemas como Delphi, Visteon o Bosh. Mientras que en 1995 las compañías fabricantes OEM aportaban 40% de la producción de vehículos automotores, en 2014 sólo aportaban 25% de la producción (Ortega,

2014). El establecimiento de proveedores globales en México ha dado paso a la conformación de, al menos, dos modelos de organización geográfica: el modelo satelital basado en una empresa OEM y sus proveedores cercanos de distintos niveles que le surten justo a tiempo, como el caso de la Ford en Hermosillo, VW en Puebla o Nissan en Aguascalientes. Y el modelo maquila, basado en una aglomeración de proveedores globales exportadores de distintos niveles, con poca o nula relación comercial dentro del territorio, pero con una importante interacción en el tejido inter-institucional del ecosistema. Por ejemplo, las autopartes de Ciudad Juárez han permitido el desarrollo de un clúster de talleres mexicanos de maquinados (Dutrénit et al., 2003). Asimismo, cada vez es más común observar empresas (y trabajadores) *outsourcing* dentro de las plantas armadoras y dentro de los proveedores globales.

Estos modelos organizacionales se encuentran a lo largo de México. Catorce estados y diecisiete localidades mantienen 24 OEM (incluyendo las inversiones programadas), y más de 2,000 proveedores están localizados prácticamente en todo el país. Trecientos de ellos al menos son empresas Tier 1.

En términos de las actividades de I+D, la globalización de dichas actividades desde mediados de los noventa ha tenido un importante impacto en México. Se calcula que alrededor de treinta centros técnicos se encuentran en el país. El empleo generado en centros técnicos y departamentos o áreas de I+D alcanzó en 2009 a 13,126 personas, representando 2.2% del total ocupado en la industria automotriz (Carrillo y Bensusán, 2015). Tan sólo Ford mantiene 1,400 ingenieros en su centro técnico.

Los cambios en la cadena de valor global han producido que 20% de las firmas multinacionales en México hagan "difusión a la inversa", es decir, que las innovaciones realizadas por empleados mexicanos en empresas multinacionales sean usadas en las filiales de la misma transnacional en otros lugares del mundo (Carrillo y Bensusán, 2015).

La cadena de suministros de la industria automotriz es una de las más amplias y diversificadas a nivel mundial (Carbajal, 2015). Su complejidad obedece fundamentalmente a tres factores; volumen de escala, alto número de componentes y altos requerimientos de certificación. Para responder a esta complejidad, el sector de autopartes —al igual que las OEM— adaptó el sistema de la *lean production* que implicó, por un lado, la organización de los proveedores en una estructura piramidal de producción basada en diferentes niveles o *tiers* iniciando con integradores de sistemas, para pasar a componentes especializados y posteriormente a componentes básicos. Y por otro lado, la aplicación-adaptación del sistema de gerencia y producción japonés, basado en el justo a tiempo y el control total de la calidad (Abo, 2014).

3. Oportunidades y desafíos

a) Oportunidades

Como sería comprensible, hay oportunidades, al igual que retos, que son semejantes para ambos sectores y otros son de carácter específico. Aquí deseamos resaltar aquellos más generales.

Quizás la oportunidad más evidente es que en México se han establecido a lo largo de varias décadas empresas multinacionales líderes dentro de las cadenas de valor global: empresas de equipo original, empresas de diseño original, proveedores Tier 1 y 2, manufacturas por contrato y compañías de servicios especializados. En estos segmentos se pueden identificar empresas líderes mundiales. Si se parte de que la globalización económica es producto de la producción internacional y las redes comerciales son organizadas por las firmas multinacionales (Gereffi, 2015), no hay duda de que estas compañías que están operando en México para el mercado dual (la exportación y el doméstico) tienen no sólo una presencia clave en el país sino, como ya se argumentó, para toda la región del Tratado de Libre Comercio de América del Norte.

Una segunda oportunidad relevante es que, nuevamente, las políticas sectoriales están de moda, particularmente en los países emergentes. Las oportunidades de insertarse en CVG han ido de la mano de políticas públicas sectoriales en países desarrollados, pero particularmente en países emergentes como los BRIC, como México. Tal como señala Gereffi (2015), retomando a Crespi y colaboradores (2014) y a Baldwing (2011), la política sectorial está en auge y se ha revitalizado su debate. Las decisiones estratégicas que toman las empresas multinacionales para reubicar sus actividades productivas, de investigación y diseño, o de posventa a través de la inversión extranjera directa, depende cada vez más de las políticas, los programas y los incentivos que se ofrecen a nivel federal, pero sobre todo en el nivel estatal. Como lo señalamos previamente, conforme el comercio mundial se sobrepone de la crisis económica de 2008-2009, el sector automotriz se ha convertido en un importante motor del crecimiento en México (cfr. la figura 2). En efecto, las diferentes administraciones gubernamentales en este país, desde el TLCAN hasta nuestros días, han favorecido a la industria automotriz, al considerarla como sector clave para el crecimiento económico. Actualmente, por ejemplo, el Conacyt ha impulsado un consorcio denominado ECATI automotriz con trece centros públicos de investigación dependientes del mismo Conacyt, con el fin de generar sinergias colectivas que estimulen la vinculación con el sector automotriz a través de las capacidades tecnológicas desarrolladas.

La tercera oportunidad es el aprendizaje tecnológico y el incremento de las capacidades productivas. Gereffi (2015) señala al respecto que la política de atracción tanto de OEM como de proveedores internacionales tiene ventajas a la larga: las empresas líderes cuentan con proveedores globales cercanos y con CVG más extensas para toda una variedad de insumos y servicios (desde el diseño, la producción y la logística, hasta la mercadotecnia y la distribución); reducen el riesgo y las barreras de entrada para las PYME, brindan acceso a capacidades y escalas que superan lo que hay disponible en el país y garantizan que los productos y servicios estén actualizados (Gereffi, 2015).

En efecto, y de acuerdo con este mismo autor, hay tres distintas políticas sectoriales: horizontales, verticales y orientadas a las CVG (Gereffi, 2015). Entre las horizontales sobresalen las de educación y capacitación. Entre las sectoriales las universidades temáticas, los fondos para I+D y el desarrollo de clústers, incluyendo instituciones articuladoras (públicas y privadas), como señalamos previamente. Y en el caso de las CVG se encuentra el fomento de la inversión para atraer empresas Tier 1 y 2, así como el desarrollo de proveedores nacionales. Dado que la gobernanza de las CVG depende fundamentalmente de las empresas líderes y de la organización de las industrias internacionales, el nicho donde las regiones y los actores locales pueden tener una mayor injerencia es precisamente en el escalamiento (*upgrading*).

Como ejemplo, en términos de oportunidades más específicas, sobresalen en el sector automotriz, de acuerdo con ProMéxico (2015), las siguientes:

- Ampliación de capacidades de diseño y de manufactura avanzada.
- Proveeduría de partes: troquelado y estampado, fundición, forja, maquinado, semi-conductores, inyección de plásticos, diseño e ingeniería, alfombras y vestiduras, die casting, cables y alambres, componentes eléctricos, tratamientos, ensambles mecánicos, software embebido, entre otros.
- Escalamientos en los diferentes sistemas y subsistemas de los autos de combustión interna: eléctrico y electrónico, alimentación de combustible, transmisión, tracción, suspensión, enfriamiento, escape, de frenos y seguridad, así como componentes de carrocería, motor y sus partes, y ruedas y neumáticos.

En otras palabras, y de acuerdo con Staritz y colaboradores (2011) y Gereffi (2015), las CVG pueden brindar a las PYME un mejor acceso a la información, abrir nuevos mercados y crear oportunidades para el rápido aprendizaje tecnológico. Los estándares internacionales (como las certificaciones y las mejores prácticas), generalmente son superiores a los utilizados en países como México, con lo cual

las empresas y las personas adquieren nuevas competencias y aptitudes al participar en las cadenas de valor global.

b) Desafíos

Nuevamente, resaltando los obstáculos generales para ambos sectores destaca, principalmente, el desarrollo regional, es decir, la integración local a las cadenas de valor global. Al respecto, Gomis y Carrillo (2016) señalan dos principales obstáculos a los que se enfrentan las empresas mexicanas para insertarse a la CVG: los altos costos de la certificación y la falta de confianza de las multinacionales respecto de las empresas mexicanas.

Otros retos de tipo horizontal son la logística (mejora en carreteras, contenedores marítimos y terrestres, tráfico transfronterizo) y los recursos humanos (aumentar la inversión y gestión de la calidad en educación, capacitación y calificación). En particular, la expectativa de producir 5.1 millones de unidades en 2020 tiene serias implicaciones en términos de logística, ya que se adicionarán al flujo actual millones de partes y componentes, y en términos de recursos humanos, se elevarán las presiones por contratar trabajadores calificados tanto para las operaciones de manufactura como para las de innovación.

En relación con la política sectorial, Gereffi (2015) menciona que debe reconocerse que muchas de las multinacionales que actúan como líderes en las CVG están reduciendo sus cadenas de suministro de cientos o incluso miles de proveedores en decenas de países de cada continente del mundo, a un número mucho más reducido (tal vez sólo entre 20 y 30) de fabricantes más capaces y ubicados estratégicamente. Unos pocos países están controlando una proporción cada vez mayor de la producción mundial en cada sector (Gereffi, 2015). Este autor señala un importante riesgo, ya que estos proveedores globales están atendiendo tanto los mercados domésticos como los de exportación, y está creciendo la dependencia hacia los insumos y servicios importados. No obstante, "El abastecimiento internacional significa que la cadena de valor completa tal vez no se logre nunca, pero también asegura una participación constante en tecnologías de punta, estándares y las mejores prácticas del ramo" (Gereffi, 2017: 141).

Por último, y no de menos rango, está el gran reto de vincular el escalamiento económico con lo social, muy especialmente con la calidad en el empleo (Barrientos et al., 2011; Carrillo, Bensusán y Micheli, 2017). En un estudio reciente de El Colegio de la Frontera Norte se encontró que sólo 21% de las firmas multinacionales en México era innovador e incluyente, mientras que 39% era innovador o incluyente (pero no las dos a la vez). Lo más revelador fue que 41% ni innova ni

es incluyente. Un estudio con quince firmas multinacionales de cuatro diferentes sectores económicos encontró que sólo dos empresas automotrices mantenían una articulación positiva entre innovación e inclusión social: el Mexican Technical Center de Delphi en Juárez y VW en Puebla (Carrillo, Bensusán y Micheli, 2017).

Después de repasar las ventajas asociadas a las cadenas de valor globales, Gereffi concluye que éstas no son una panacea y que el desarrollo muy rápido o "comprimido" motivado por las CVG puede originar nuevos problemas económicos y sociales. Se destacan los siguientes retos (Gereffi, 2015):

- La atención médica y la educación.
- Las barreras al aprendizaje y, con el tiempo, ocasionar un desarrollo desigual.
- Los fabricantes por contrato y los proveedores de servicios tienden a obtener menos ganancias y pagar salarios más bajos (Lüthje, 2002).
- Los estándares y certificaciones son una condición necesaria, pero insuficiente para el escalamiento económico.

Algunos de los retos específicos que conviene resaltar son los siguientes:

- No están suficientemente presentes las energías alternativas (*i. e.*, eléctricos, híbridos) ni sus trayectorias (de vehículos eléctricos al hidrógeno, de biodiésel a solares, de híbridos a gas natural) (ProMéxico, 2015). La combustión interna llena casi por completo la producción y comercialización en México.
- Hay una articulación débil de industrias de energías limpias con la producción y servicio de vehículos y movilidades eléctricos y de otro tipo de sistemas de propulsión alternativos (Covarrubias, 2014).
- Hay una articulación débil entre los clústers (incluso a nivel estatal, como en Baja California) y en el desarrollo de éstos (incipiente en Puebla).
- La información es deficiente para la toma de decisión (sobre multinacionales, directorios, empleo, entre otros).

A manera de conclusión

Es ineludible el dinamismo y la relevancia económica del sector automotriz en México. Está integrada a cadenas de valor global con un alto regionalismo en Norteamérica. La presencia de empresas líderes mundiales, tanto ensambladoras de

equipo original como Tier 1 y 2, es contundente en el sector. Si bien se trata de industrias de manufactura, las firmas realizan una amplia gama de actividades y funciones de la cadena de valor. Su posicionamiento mundial y, sobre todo, regional, ha crecido de manera sostenida a lo largo de varias décadas. Las ventajas de contar con estas industrias son numerosas y se puede resaltar la generación de empleo, el aprendizaje tecnológico, la formación de capacidades locales, la constitución de clústers regionales, la mexicanización de las gerencias y la autonomía en la capacidad de decisión de éstas, el enriquecimiento en el trabajo derivado de los estándares internacionales y el desarrollo de proveedores mexicanos, aunque aún incipiente.

Lo anterior permite asegurar que el desarrollo de la industria automotriz ha seguido un proceso de escalamiento (*upgrading*) industrial o económico. No obstante, poner las campanas a replicar sería riesgoso. Hay importantes retos que no está claro que se estén superando. Entre otros, podemos mencionar: las empresas vinculadas a las CVG no siguen un proceso lineal de *upgrading* y sólo abarcan alrededor de 25-30% de las empresas exportadoras en México (Carrillo y Gomis, 2014) y a menos de 20% de los trabajadores (Inegi). La tendencia de la manufactura avanzada en México (Industria 4.0 en Alemania, Industria 5.0 en Japón, Made in China 2025) caracterizada por la convergencia tecnológica de varios sectores, se encuentra aún rezagada frente a los países desarrollados. Alcanza a 30% de las empresas multinacionales, pero es probable que se trate de situaciones parciales más que de trayectorias sólidas. El regreso de empresas que se fueron a China, el aumento de la IED y la "clusterización" son procesos en ascenso, pero abarcan a pocos sectores específicos, y se basan fundamentalmente en bajos costos, bajos salarios y son débiles los eslabones locales y la coordinación de los ecosistemas es frágil. Finalmente, aún son mayoría las empresas multinacionales ni innovadoras ni incluyentes.

Bibliografía

Abo, Tetsuo (2014), "Researching International Transfer of the Japanese-Style Management and Production System: Hybrid Factories in Six Continents", *Asian Business & Management,* núm. 5, pp. 5-35.

Álvarez, Lourdes y Jorge Carrillo (2016), "¿Cómo la crisis del 2008-09 afectó la reestructuración de la industria automotriz en la región del TLCAN?", en C. Calderón (coord.), *TLCAN*, Tijuana, El Colef (en prensa).

AMIA (2015), "Producción total", AMIA, disponible en: <http://www.amia.com.mx/prodtot.html>, consultado el 16 de mayo de 2016.

Baldwin, Richard (2011), "Trade and Industrialisation after Globalisation's 2nd Unbundling: How Building and Joining a Supply Chain are Different and why it Matters", Cambridge, MA, Agencia Nacional de Investigación Económica, Documento de Trabajo 17716, diciembre, disponible en: <http://www.nber.org/papers/w17716>, consultado el 30 de septiembre de 2017.

Banco de México (Banxico) (2016), "Reporte analítico, información oportuna de Comercio Exterior", México, Banxico, 26 de agosto 2016, disponible en: <http://www.banxico.org.mx/informacion-para-la-prensa/comunicados/sector-externo/informacion-oportuna-comercio-ext/%7B8DFB1652-0962-BA9F-4119-2EC02C688637%7D.pdf>, consultado el 28 de septiembre de 2016.

Barrientos, Stephanie, Gary Gereffi y Arianna Rossi (2011), "Economic and Social Upgrading in Global Production Networks: A New Paradigm for a Changing World", *International Labour Review,* núm. 150, vols. 3-4, pp. 319-340.

Cámara de Diputados, H. Congreso de la Unión (2005), *Evolución del sector manufacturero de México 1980-2003,* México, Centro de Estudio de las Finanzas Públicas, disponible en: <http://www.cefp.gob.mx/intr/edocumentos/pdf/cefp/cefp0022005.pdf>, consultado el 7 de julio de 2016.

Carbajal, Yolanda (2015), *Evolución, condiciones actuales y retos del sector automotriz en México y en el Estado de México*, Estado de México, Universidad Autónoma del Estado de México.

Carbajal, Yolanda, Leobardo Almonte y Pablo Mejía (2013), "Efectos de la industria automotriz en la dinámica productiva en cuatro regiones de México", *Smart Regions for a Smarter Growth Strategy*, Oviedo, Universidad de Oviedo, 21 y 22 de noviembre.

Carrillo, Jorge y Graciela Bensusán (2015), "El debate sobre innovación y progreso sociolaboral. Algunos resultados sobre las multinacionales en México", Conferencia Internacional "Multinacionales frente al Desarrollo Tecnológico y el Empleo", Instituto de Investigaciones Económicas-Colef, México, octubre 22-23.

Carrillo, Jorge, Graciela Bensusán y Jordy Micheli (coords.) (2017), *¿Es posible innovar y mejorar laboralmente? Estudio de trayectorias de empresas multinacionales en México*, México, UAM-Azcapotzalco (en prensa).

Carrillo, Jorge y Redi Gomis (2014), "Empresas multinacionales en México: ¿innovación con inclusión social?", en Alejandro Foxley y Barbara Stallings (eds.), *Economías Latinoamericanas. Cómo avanzar más allá del ingreso medio*, Santiago, Chile, Center for Latin American & Latino Studies, CIEPLAN, pp. 391-427.

Carrillo, Jorge, Yanick Lung y Rob Van Tulder (eds.) (2004), *Cars, Carriers of regionalism?*, Londres/Nueva York, Palgrave-Macmillan/GERPISA.

Carrillo, Jorge e Ismael Plascencia (2017), "Convergencia Tecnológica en las Maquiladoras de México: un caso paradigmático", en Mónica Cassalet (coord.), *El paradigma de la convergencia del conocimiento. Alternativa de trabajo colaborativo y multidisiciplinario*, México, Flacso, pp. 187-206.

Carrillo, Jorge, Daniel Villavicencio, Saúl de los Santos e Ismael Plascencia (2016), *Made in Mexico. Desafíos para la ciencia y la innovación en la frontera norte*, Tijuana, El Colegio de la Frontera Norte y Consejo Mexicano de Ciencias Sociales.

Centro de Estudios de las Finanzas Públicas (CEFP) (2015), Boletín sectorial: Industria y Comercio Exterior, *La industria automotriz y el sector externo de México,* México, Cámara de Diputados LXII Legislatura.

Covarrubias, Alex (2014), "Explosión de la Industria Automotriz en México: de sus encadenamientos actuales a su potencial transformador", *Análisis*, núm. 1, Hermosillo, marzo.

Crespi, Gustavo, Eduardo Fernández-Arias y Ernesto Stein (eds.) (2014), *Rethinking Productive Development: Sound Policies and Institutions for Economic Transformation*, Washington, D. C., Banco Interamericano de Desarrollo.

Delphi (2012), "Centro Técnicos", Delphi, Información corporativa, México.

Dutrénit, Gabriela, Alexandre Vera-Cruz y José Luis Gil (2003), *Estadísticas del Sector de Maquinados Industriales en Ciudad Juárez 2001-2002. Características de mercado tecnológicas y empresariales*, México, Aidat / UAM.

Engineers Journal (2014), *The Four Transformation Waves in the Industrial Economic*, Dublín, disponible en: <http://www.engineersjournal.ie/wp-content/uploads/2014/05/Domhnall-Carrol-006.jpg>, consultado el 15 de junio de 2015.

Gereffi, Gary (2015), *Global Value Chains, Development and Emerging Economies*, United Nations University, UNU-MERIT, Working Paper Series 2015-047.

Gereffi, Gary (2017), "Cadenas globales de valor, desarrollo y economías emergentes", en J. Basave y J. Carrillo (coords.), *Innovación y desarrollo: Una mirada global para entender a las multinacionales en América Latina*, México, UNAM-Colef, pp. 92-173.

Gomis, Redi y Jorge Carrillo (2016), "The Role of Multinational Enterprises in the Aerospace Industry Cluster in Mexico: The Case of Baja California", *Competition & Change,* vol. 20 (5), pp. 337-352.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2014), *La industria automotriz en México 2014*, Series Estadísticas Sectoriales, México, INEGI, disponible en: <http://www.amdamex.mx/images/industriaautomotriz14.pdf>, consultado el 7 de julio de 2015.

Lares, Francisco (2015), *México: Plantas ensambladoras de autos y motores,* Unidad de Servicios Estadísticos y Geomática, El Colegio de la Frontera Norte.

Lüthje, Boy (2002), "Electronics Contract Manufacturing: Global Production and the International Division of Labor in the Age of the Internet", *Industry and Innovation*, núm. 9, vol. 3, pp. 227-247.

Medina Ramírez, Salvador (2013), "La industria de autopartes", *Comercio Exterior,* vol. 63, núm. 3, mayo-junio, pp. 1-5, disponiible en: <http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/154/2/autopartes.pdf>.

Mundo Ejecutivo (2012), "Autos vendidos en EU, 1 de cada 4 hecho en México", *Mundo Ejecutivo*, sector Industria, 20 de marzo, disponible en: <http://mundoejecutivo.com.mx/

economia-negocios/2012/11/20/autos-vendidos-eu-1-cada-4-hecho-mexico>, consultado el 16 de agosto de 2012.

OICA (2015), 2015 Production Statistics, OICA, disponible en: <http://www.oica.net/category/production-statistics/>, consultado el 19 de septiembre de 2017.

Ornelas, Segio (2016), "Mexico's Auto Industry Roars. Electronics Disrupt Auto Sector", *MexicoNow*, año 14, núm. 80, marzo-abril, pp. 23-36.

Ornelas, Sergio (2015), "Mexico's Auto Industry Goes Turbocharge", *MexicoNow*, año 13, núm. 77, julio-agosto, pp. 21-38.

Ortega, Miguel (2014), "Maximizando el desempeño de la cadena de valor", *Revista Énfasis Logística*, 10 de julio, disponible en: <http://www.logisticamx.enfasis.com/articulos/70076-maximizando-el-desempeno-la-cadena-valor->.

Price Waterhouse Coopers (PWC) (2014), *Doing Business in Mexico. Automotive Industry,* México, PWC.

ProMéxico (2015), *The Mexican Automotive, A Success History with a Promising Future*, México, ProMéxico, disponible en: <https://www.promexico.gob.mx/documentos/revista-negocios/pdf/abr-2015.pdf>, consultado el 26 de octubre de 2015.

Sánchez, Axel (2016), "México rompe récord histórico de producción y exportación automotriz en 2015", *El Financiero*, sección Empresas, 11 de enero de 2015, disponible en: <http://www.elfinanciero.com.mx/empresas/mexico-rompe-record-historico-de-produccion-y-exportacion-automotriz-en-2015.html>, consultado el 16 de octubre de 2016.

Secretaría de Economía (2012), "Programa de Desarrollo Innovador, 2013-2018", *Diario Oficial de la Federación*, Secretaría de Economía, disponible en: <http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5326479&fecha=16/12/2013>, consultado el 5 de marzo de 2015.

Soto, Enrique (2015), "Innovación y desarrollo en el sector aeroespacial: un análisis comparativo de los casos de Canadá y México", en Jorge Carrillo y Oscar Conteras, *Experiencias estatales y transfronterizas de innovación en México,* Tijuana, El Colef/COMECSO.

Staritz, Cornelia, Gary Gereffi y Olivier Cattaneo (eds.) (2011), *International Journal of Technological Learning, Innovation and Development*, núm. 4 (1-3), número especial, "Shifting End Markets and Upgrading Prospects in Global Value Cains".

Swiecki, Bernard y Maranger Menk (2016), *The Growing Role of Mexico in the North American Automotive Industry. Trends, Drivers and Forecasts*, CAR Center for Automotive Research, Ann Arbor, documento de investigación, julio.

Capítulo 3
Ciudades inteligentes, *big data* e industria automotriz

Lourdes Marquina Sánchez,[1]
María de Lourdes Álvarez Medina[2]

Introducción

La convergencia tecnológica entre los sectores electrónico, informático y de las telecomunicaciones, mediante protocolos de interconexión y comunicación (IP/TCP) derivó en el desarrollo de un sistema global de información denominado internet. La tecnología global (Marquina, 2006) ha sido detonadora de otras innovaciones como el desarrollo de nuevos productos y servicios que diluyen las fronteras entre distintos sectores productivos, como es el caso de los servicios telemáticos en el sector automotriz. Estos servicios pueden ser definidos como aplicaciones intensivas en información que se pueden proporcionar por la combinación de telecomunicaciones y tecnologías de la computación. Los servicios que incluyen son de navegación, emergencia y asistencia en el camino, servicios basados en la localización, envío de información digital como correo electrónico, entretenimiento, comercio electrónico y servicios de seguros. Las aplicaciones se hacen por la colección de datos que incluye la información de localización, las situaciones de emergencia como accidentes o problemas de salud, diagnóstico y pronóstico de datos del vehículo.

Las tecnologías de la información y comunicación (TIC) y su convergencia con otros desarrollos tecnológicos, provenientes de diversas disciplinas científicas, han hecho evolucionar internet hacia el Internet de las cosas. Ésta es una tecnología global que están adoptando diversos sectores industriales como el automotriz y genera grandes cantidades de datos a nivel mundial. La interconexión entre objetos y entre éstos con las personas y las organizaciones está incrementando, de

[1] Profesora de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México y de la UNAM. Correo electrónico: <marquinalulu@yahoo.com>.

[2] Profesora de la Facultad de Contaduría y Administración de la UNAM. Correo electrónico: <malvarez@correo.fca.unam.mx>.

manera exponencial, el volumen de datos que circula en el ciberespacio, por lo que la seguridad y el crecimiento económico, a partir de la generación de grandes volúmenes de información, se convierten en temas relevantes para empresas, gobiernos y ciudadanos. El cambio tecnológico propicia la creación de nuevos marcos institucionales para fomentar la generación y explotación de datos a partir del diseño de políticas, creación de nuevos negocios, de organizaciones inter empresariales, así como de la adopción de nuevos estándares para asegurar la interoperabilidad entre las máquinas (Marquina y Ruiz, 2009).

El objetivo de este capítulo es explicar el capitalismo cognitivo como una nueva fase del desarrollo del sistema capitalista, basado en la creación, uso y difusión de la información y los datos digitales; específicamente se define el modelo de ciudad inteligente como el espacio en el que se concentra la prestación de servicios intensivos en información y datos. Se ejemplifica la dinámica tecno-productiva que modifica los patrones de generación de valor y de acumulación en el capitalismo contemporáneo y se explica la relación del uso de grandes datos con la industria automotriz, a partir de la directiva de la Unión Europea (UE). Ello obliga a los productores de automóviles a incorporar el sistema denominado *e-Call* en los vehículos interconectados que manufacturan, a fin de proporcionar servicios de seguridad al conductor y generando grandes cantidades de datos.

El capítulo se divide en tres apartados. En el primero se explica el surgimiento del capitalismo cognitivo, sustentado en la creación de valor a partir del conocimiento, el cual se crea a partir de los datos y la información que circulan en las redes de comunicación. En el segundo se presenta el modelo de ciudad inteligente como generador de grandes datos, a partir del uso intensivo de redes telemáticas, dispositivos electrónicos y plataformas digitales, necesarias para la producción, difusión y uso de conocimiento. En el tercero se expone la relación de la industria automotriz con las ciudades inteligentes a partir de la directiva de la UE para la fabricación de vehículos interconectados a partir del servicio de *e-Call*.

Capitalismo cognitivo y grandes datos

La generación, almacenamiento, procesamiento, visualización, análisis y transmisión de los datos y de la información, se han convertido en fuentes fundamentales de las relaciones sociales, debido al cambio estructural y espacio-temporal que las innovaciones en el campo de la informática y las telecomunicaciones están produciendo (Castells, 1999; Held et al., 1999). Las innovaciones se dan con el desarrollo de nuevos productos y servicios, pero también se manifiestan en nuevas formas de organización de las actividades productivas, comerciales, políticas y socioculturales. La interconexión, soportada por las redes telemáticas y la

multiplicidad de dispositivos electrónicos es cada vez más intensa y se extiende a escala global hacia los distintos sectores industriales, por lo que surgen modelos de negocio disruptivos que transforman la estructura de los mercados y la forma de competir en la era digital.

La discusión en torno de los efectos provocados por estas innovaciones motivó a algunos de los teóricos de la escuela francesa de la regulación, a proponer una nueva categoría analítica que diera cuenta de las transformaciones radicales que están ocurriendo en el sistema capitalista, argumentando que se trata de una nueva fase de este sistema económico mundial.

Dado que el enfoque en el que se basan los regulacionistas parte del reconocimiento de que los arreglos institucionales impactan en las trayectorias de crecimiento de las economías, pues sostienen las formas de acumulación (Boyer y Saillard, 2002), los proponentes del así llamado capitalismo cognitivo sostienen que el conocimiento no se encuentra materializado, sino virtualizado, con capacidad de ser reproducible, intercambiado y utilizado de manera distinta, por lo que los flujos de datos e información, necesarios para la generación de conocimiento, se convierten en la base de la acumulación del capitalismo contemporáneo (Corsani et al., 2001). Por ello, las empresas de la computación, la informática y las telecomunicaciones se encuentran en el núcleo de esta dinámica económico-social, dando un fuerte impulso al desarrollo y transformación del capitalismo mundial.

Los teóricos de la regulación consideran que las economías nacionales crecen a diferentes ritmos y de manera diferenciada. Parten del análisis de las formas de acumulación, considerando que en este proceso intervienen de manera preponderante el progreso técnico, la organización de la producción y la distribución del ingreso, los cuales están inmersos en contextos institucionales específicos. A través de sus estudios han observado que el entramado institucional que soporta las formas de acumulación en un país y época determinados, deriva en trayectorias de crecimiento económico distintas entre los países. En este sentido, Michel Aglietta asume que el capitalismo es una fuerza de cambio que no tiene en sí mismo un principio de regulación, ya que éste se encuentra en la coherencia de las mediaciones sociales que orientan la acumulación del capital para el progreso de las economías (Aglietta, 1997: 412), por lo que su continuidad implica la existencia de un modo de regulación particular, es decir, de un conjunto de mediaciones que logran mantener las distorsiones producidas por la acumulación del capital, dentro de ciertos límites que la hacen compatible con la cohesión social en cada país. En términos de Michel Juillard (2002), la dinámica de la acumulación está determinada, principalmente, por la forma en la que los excedentes de la producción se encuentran distribuidos entre la fuerza del trabajo y el capital, es decir, la acumulación está fuertemente vinculada por el modo de reproducción de la fuerza de trabajo.

Dado que la escuela francesa de la regulación sitúa las transformaciones del capitalismo en contextos históricos determinados, este enfoque busca comprender y explicar los ajustes institucionales necesarios al proceso de acumulación para su permanencia, pero también evidencia la falta de coherencia institucional cuando ocurre un cambio en los términos de la acumulación debido al progreso técnico que altera las formas de producción. Por lo anterior, esta teoría no sólo explica las continuidades, sino también el carácter efímero y el agotamiento o degradación que tienen los modos de regulación dentro del sistema capitalista. Desde esta perspectiva teórica, el análisis de las estrategias empresariales y la dinámica de los sectores productivos se consideran para mostrar las regularidades y diferencias en las trayectorias de crecimiento económico entre las economías nacionales y, en su caso, en las transformaciones del capitalismo mundial.

Yann Mouliner (2008), miembro de la escuela francesa de la teoría de la regulación y uno de los teóricos del capitalismo cognitivo, señala que en la historia económica del capitalismo mundial se pueden identificar tres fases. En cada una de ellas se observan cambios en los patrones de acumulación, en la forma en que se organiza la producción y en la distribución del ingreso:

a) El *capitalismo mercantilista*, iniciado en 1492, basado en la hegemonía de los países coloniales y caracterizado por la administración directa de la explotación intensiva de los recursos naturales de los territorios conquistados. Particularmente, la acumulación de minerales como el oro y la plata, utilizados como instrumentos de intercambio monetario y la esclavitud, fueron el punto clave de la expansión de sus economías. Se desarrolló desde finales del siglo XV hasta el siglo XVIII, en donde, por primera vez, se reconoce el trabajo asalariado.
b) El *capitalismo industrial-financiero*, iniciado hacia finales del siglo XVII con la Revolución Industrial, se consolida en los siglos XIX y XX. Se caracteriza por estar conducido por la producción de bienes físicos dentro de las industrias manufactureras, en donde se organiza la producción en masa para la elaboración de productos estandarizados y la disminución de los costos de producción, incrementando la rentabilidad de las inversiones y, con ello, la acumulación de capital, también favorecida por las inversiones especulativas que no logran ser absorbidas por los círculos de la producción material. En esta fase del capitalismo se reconoce el trabajo remunerado y se fija un tiempo de trabajo productivo para la reproducción de la fuerza laboral. Se adopta el régimen de acumulación fordista en el que los asalariados y su consumo son una parte fundamental del proceso de acumulación, en tanto que los trabajadores dependen fuertemente

del mercado para su reproducción. Esta inserción de la reproducción de la fuerza de trabajo en la acumulación modifica sus propiedades de manera sustancial, pues el consumo de los asalariados se convierte en un importante mercado (Juillard, 2002: 154).

c) El *capitalismo cognitivo* se desarrolla en la década de los setenta del siglo XX, como respuesta a la crisis del fordismo y a partir de la revolución de las tecnologías de información y comunicación. Está guiado por la economía del conocimiento y fundado en la acumulación de capital inmaterial, así como en la producción y diseminación del conocimiento a escala mundial, por lo que la producción del valor es global. Es una economía virtualizada en la que el intercambio de información es en códigos binarios y se ha logrado reducir sustancialmente los costos de la comunicación. Se consolidan y amplían los derechos de apropiación privada y colectiva del conocimiento que aseguran la explotación monopólica de éste durante un tiempo determinado. Sin embargo, las formas de protección no limitan su difusión y su uso, pues en la economía del conocimiento, el intercambio de datos, información y conocimiento es esencial para propiciar la innovación (Marquina y Rozga, 2015). En esta fase no desaparece la producción industrial, pero sí la reorganiza, alterando los nodos sustanciales desde los que se genera el valor. En esta etapa del capitalismo coexisten procesos de desterritorialización al tiempo de reterritorialización de los espacios, pues se desarticulan las cohesiones sociales construidas durante centurias al interior de las naciones y, a la vez, ciertos territorios subnacionales, que cuentan con ventajas competitivas, se rearticulan a los circuitos de la economía global, pero con gran desarticulación de las dinámicas socioespaciales de las regiones en las que se encuentran ubicados. Otra característica del capitalismo cognitivo son las nuevas formas de organización empresarial en redes de producción e innovación (Vercellone, 2005; Dieuaide et al., 2007). Las empresas que logran valorizar las actividades de mayor contenido en conocimiento dentro de estas redes distribuidas a escala global, serán las que más se beneficien de la posibilidad de contrarrestar la tendencia decreciente de la tasa de ganancia (Ordoñez, 2004).

En suma, el capitalismo cognitivo ubica al conocimiento en su dimensión histórica al considerar tres dimensiones del sistema capitalista. *i)* en su dimensión económica, al reconocer que el conocimiento, la información y los datos son valorizados y considerados como otro de los recursos de la producción, tan relevantes como la tierra, el capital y el trabajo; *ii)* en su dimensión territorial, pues incorpora las externalidades del conocimiento al proceso mismo de generación, difusión y

apropiación del conocimiento, en tanto que éste depende de la infraestructura y del entramado institucional y sociocultural; *iii)* en su dimensión subjetiva, pues reconoce el peso que tiene el desarrollo de las habilidades y las competencias de los trabajadores para la generación de conocimiento y de valor y, por ende, dicho aspecto subjetivo repercute en la acumulación de capital.

Big data

El término comenzó a utilizarse a mediados de los años noventa en la compañía Silicon Graphics,[3] empresa que inició en California dedicada al *software* especializado y cómputo de alto rendimiento para acelerar la exhibición de imágenes tridimensionales (Kitchin, 2014). Los grandes datos refieren la existencia de cantidades masivas de datos producidos por las personas, las cosas y sus interacciones. El *big data* puede considerarse como un fenómeno sociotécnico (Boyd y Crawford, 2012), debido a sus efectos en la esfera tecno-productiva, institucional y sociocultural. El *big data* está basado en la captura, almacenamiento, visualización y análisis de grandes conjuntos de datos para la detección de patrones y la posibilidad de hacer predicciones a partir de ellos, ofreciendo información y conocimiento valioso para las organizaciones en sus procesos de toma de decisiones. En este sentido, los grandes datos generan un valor económico que puede extenderse hacia un valor público, por sus beneficios sociales. La extracción de los datos y su análisis mediante el establecimiento de algoritmos se realiza cada vez de manera más automatizada, por lo que desde el enfoque de los sistemas sociotécnicos cabe preguntarse, sin ser el propósito de este trabajo, qué sistemas están conduciendo estas prácticas y cuáles los están regulando, en términos de su funcionamiento.

Los grandes datos se han convertido en un tema de discusión en diversos círculos, pues no es sólo de interés para los académicos, sino también para los negocios, la industria, el gobierno, los servicios públicos, los partidos políticos y la sociedad civil, ya que ofrece grandes oportunidades para la innovación e, incluso, la ingeniería social. Con el desarrollo de la Web 2.0, el uso de redes sociales y el internet de las cosas, la generación y distribución de datos se ha incrementado, borrando las fronteras entre los datos producidos por los humanos y por las máquinas, así como los datos sobre los humanos y sus entornos materiales y

[3] En 2016, Hewlett Packard la adquirió para potenciar su negocio de cómputo de alto rendimiento para el análisis y gestión de grandes datos. Disponible en: <http://www.expansion.com/economia-digital/companias/2016/08/12/57adeddbe2704e89328b4591.html> [consultado en abril de 2017].

sociales. Es cierto que no existe aún una conceptualización bien definida sobre el término *big data*, sin embargo, sus distintas definiciones se pueden agrupar en cuatro categorías que contribuyen a la comprensión de lo que significa este fenómeno sociotécnico, sin que sean perspectivas excluyentes unas de otras:

Tabla 1. Definiciones de *big data*, de acuerdo con su tratamiento

Categoría	*Descripción*
Producto	Atributos de los datos, en función de: *volumen* (terabytes, petabytes, exabytes, zetabytes y yottabytes); *velocidad* (¿en tiempo real?), *variedad* (tipos, estructurados/semi y no estructurados, temporales, exhaustivos, flexibles, escalables, relacionales), *valor* (económico/público) y *veracidad* (confiables).
Proceso-tecnología	Infraestructura tecnológica y herramientas técnicas de computación y programación para realizar las tareas de gestión de los datos: curación, almacenamiento, búsqueda, agregación, correlación, análisis, visualización. Se enfatiza en los requisitos tecnológicos y sus limitaciones para el análisis y visualización de los grandes datos (plataformas de cómputo intensivas en datos Hadoop, Dryad, DISC, MapReduce).
Conocimiento	Temas epistemológicos relativos a: *i.* La ciencia intensiva en datos. Cambios en el proceso de investigación científica: problemas de investigación, teorías, análisis e interpretación de grandes cantidades de datos. *ii.* Las capacidades cognitivas de los seres humanos y sus limitaciones para resolver problemas de la industria y de la sociedad a escalas macro. *iii.* Equipos interdisciplinarios de científicos y a escala global, para analizar los grandes datos.
Social	Fenómeno sociotécnico inmerso en el cambio tecnológico de las TIC y en su relación con distintos sectores y aspectos de la sociedad: modelos de negocio, alianzas estratégicas, ecosistemas de innovación y emprendimientos a partir de los grandes datos, usos sociales del *big data*, aspectos éticos y legales, políticas de grandes datos, gestión pública, participación ciudadana, opinión pública, entre otros.

Fuente: elaboración propia con base en Floridi (2012); Ekbia et al. (2015); Hey et al. (2009) y Kitchin (2014).

Los grandes datos se han creado con el tiempo mediante registros capturados de múltiples dispositivos como los sensores y actuadores, las cámaras, los teléfonos inteligentes, las tabletas, la interacción entre máquinas (M2M), el uso de la web como una plataforma de aplicaciones, intercambio de datos y colaboración; el internet de las cosas, los sistemas de transacciones comerciales y financieras,

tanto al interior de las empresas como en su relación con clientes, proveedores, instituciones financieras y de gobierno, las infraestructuras de computación en la nube, los centros de datos, los sistemas de geo-localización, los identificadores de radio frecuencia, los vehículos, entre otros. En el caso de algunos vehículos híbridos *plug-in* se generan 25 GB de datos en una hora, lo que representa 250 mil millones de datos. Este crecimiento exponencial de los datos se debe a la disminución en el costo de los sensores y actuadores, las innovaciones en el almacenamiento de datos, el despliegue de infraestructura de banda ancha, así como a los avances en el procesamiento de los datos. Aunque, debido a la velocidad en la que crece el volumen de éstos, el diseño de *software*, para procesamiento y visualización, no avanza al mismo ritmo. Por lo señalado, uno de los principales problemas con respecto de los grandes datos y su capacidad de transformar las prácticas sociotécnicas es que los sistemas informáticos y los estándares bajo los que se diseñaron y operaron tienen formatos incompatibles con los nuevos sistemas obstaculizando su integración y agregación para la aplicación de algoritmos más complejos que permitan extraer y procesar información valiosa. En la actualidad, muchas organizaciones no estructuran sus registros, pues desconocen sus potencialidades para la generación de valor y las necesidades de información que pueden tener en un futuro para integrarlos con otros conjuntos de datos generados por otras organizaciones y sectores.

Si bien es cierto que los grandes datos pueden generar valor social para los ciudadanos y las administraciones públicas, así como valor económico que se traduzca en el incremento de la productividad, la disminución de costos de producción, el incremento de ventas y la innovación, favoreciendo la competitividad de los sectores, aún quedan pendientes de resolver temas relativos no sólo a los aspectos tecnológicos, como se señaló, sino asuntos asociados a la regulación como la privacidad, la seguridad, la propiedad intelectual y la responsabilidad sobre los datos. Por ejemplo, ¿quién es el dueño de los datos?, ¿cuáles son sus derechos?, ¿cómo se deslindan las responsabilidades sobre su uso? Son preguntas que aún no han sido resueltas y que se observan en todos los sectores, como veremos en el apartado sobre la generación de grandes datos a partir de los automóviles interconectados.

Ciudades inteligentes y generación de datos

El modelo de ciudad inteligente se difundió en la primera década del siglo xx. Como concepto, ha sido confuso y en ocasiones se ha utilizado de manera similar para referirse a la ciudad digital o virtual (Schuler, 2002), la ciudad conectada

(Hollands, 2008) o la ciudad del conocimiento (Knight, 1995). La confusión se debe al hecho de que en estos modelos de ciudad postindustrial (Gappert y Knight, 1982; Drewett, Knight y Schubert, 1992) prevalece el trabajo intelectual, la creatividad y la infraestructura de soporte de las tecnologías de información y comunicación. Sin embargo, existen diferencias entre estos modelos, pues mientras la ciudad conectada se refiere únicamente al despliegue de la infraestructura de conectividad que tiene una ciudad, la ciudad virtual, o digital, es aquella capaz de representar, virtualmente, distintos aspectos y funciones de la vida real de la ciudad y mantiene cierto grado de interacción con la ciudadanía, a través de plataformas de gobierno electrónico. Las representaciones virtuales de la ciudad pueden estar abiertas a un público no necesariamente experto, pero los procesos de digitalización y virtualización son de gran utilidad para la gestión de los servicios públicos urbanos y para los tomadores de decisiones sobre los asuntos de la ciudad.

Una ciudad de conocimiento basa su planeación en la generación y difusión del conocimiento para potenciar su desarrollo, por lo que crea espacios de conocimiento dentro de ella que favorezcan la interacción entre los agentes innovadores (empresarios, centros de investigación, universidades), los organismos de transferencia de conocimiento, de promoción y comercialización, las entidades de financiamiento y el gobierno. Por su parte, el modelo de ciudad inteligente considera fundamental el despliegue amplio de infraestructura y equipamiento de tecnologías de información y comunicación, pues de ello depende su uso para la generación de conocimiento. Por lo que la ciudad inteligente implica que el territorio urbano cuenta con capacidades de conocimiento, aprendizaje e innovación que, junto con la infraestructura y el equipamiento en TIC, son la base para la creatividad de su población. Las instituciones y las organizaciones hacen uso de la infraestructura digital para asegurar la comunicación y el flujo de información entre los agentes de innovación, capaces de generar conocimiento y saberlo administrar. Nicos Komninos define a las ciudades inteligentes como territorios con alta capacidad para el aprendizaje y la innovación. Dicha capacidad deviene de la creatividad de la población, de las instituciones que generan el conocimiento, así como de la infraestructura digital para la comunicación y la gestión del conocimiento (Komninos, 2006).

En este sentido, al igual que los grandes datos y cualquier otro sistema tecnológico, las ciudades inteligentes pueden ser analizadas desde el enfoque de los sistemas sociotécnicos. El contexto de este modelo de ciudad está inmerso en el capitalismo cognitivo y el propio sistema sociotécnico está integrado por componentes heterogéneos humanos y no humanos que intervienen en su definición (Bijker, 1995). Dentro de los elementos humanos están los planificadores

urbanos, los ingenieros, empresarios, tecnólogos, científicos, arquitectos, consultores, economistas, abogados, periodistas, comunicólogos, gobiernos, instituciones financieras, legisladores, ciudadanos, sindicatos e inversionistas. Los elementos no humanos se refieren a los dispositivos electrónicos, las supercomputadoras, los servidores, las plataformas digitales, las aplicaciones, los centros de datos, las redes de telecomunicaciones, los estándares, las certificaciones. En este sentido, se entiende que las ciudades inteligentes en tanto sistemas sociotécnicos, son el resultado de los procesos de negociación entre los distintos actores sociales que moldean los espacios urbanos. A la vez, éstos son moldeados por sus propias estructuras y sistemas tecnológicos, que se crean a partir de la estrecha relación entre los sujetos y los objetos de la realidad social, así como de sus interacciones de conflicto y cooperación, pues se determinan mutuamente. En este sentido, los sistemas tecnológicos para el funcionamiento de las ciudades inteligentes se van definiendo y construyendo mediante procesos de negociación entre los propios actores, con intereses, ideas y recursos de poder diferenciados. Las elecciones tecnológicas determinan el modelo de ciudad inteligente, transformando los contextos sociopolíticos y económicos de la vida urbana. Por lo que las tecnologías y sus efectos son creados y moldeados por los intereses y creatividad de sus constructores pero también por el poder político y económico del entorno en que se desarrollan (Marquina, 2014).

La implementación de las ciudades inteligentes está orientada a generar valor público y privado, fomentando la innovación en los negocios, incrementando la productividad y competitividad de las empresas y territorios, así como mejorando la calidad de vida de los ciudadanos, mediante el uso intensivo de soluciones avanzadas soportadas en las TIC. Las ciudades inteligentes están sustentadas en el Internet del Futuro, que comprende la convergencia tecnológica de las TIC con los objetos, las personas, las organizaciones y los sectores productivos, generando datos digitales masivos. Dentro de la infraestructura necesaria para la implementación de una ciudad inteligente se encuentra el cómputo de alto rendimiento, las tecnologías de conectividad (por cable trenzado o coaxial, fibra óptica, microondas terrestres, satelitales, radio, luz) y de acceso (módem telefónico, Digital Subscriber Line/DSL, Hybrid Fiber Coaxial/HFC, ethernet, telefonía móvil/WAP, Wi-Fi, WiMax), los sensores y actuadores que permiten que los objetos y la ciudad estén en interacción, las plataformas y aplicaciones, los centros de datos, entre otros. Estas tecnologías soportan el funcionamiento de las ciudades inteligentes y, a su vez, permiten la generación, transmisión, recolección, selección y almacenamiento de una gran cantidad de datos que se extraen de los sistemas y sensores con los que está equipada una ciudad y los objetos conectados, como los automóviles interconectados.

Los datos producidos por las máquinas, sea bajo la modalidad máquina a máquina (M2M) o por la interacción humano-máquina (HM), se incrementan en los modelos de ciudad inteligente. Experimentos científicos, automóviles, sistemas de manufactura, geoposicionadores, los identificadores por radiofrecuencia (RFID), los sistemas orientados al consumidor, los actuadores, los robots, los instrumentos médicos, los dispositivos personales, los aviones, los aparatos domésticos, las cámaras, están diseñados con dispositivos y software embebidos. Éstos, continuamente, generan datos sin que necesariamente exista la interacción HM. Por ello, el análisis de estos datos se convierte en un reto en la era de la información para que, a través de softwares especializados se puedan agregar, analizar y visualizar dichos datos, en tiempo real, para conocer la historia, las tendencias y actuar de acuerdo con las necesidades y objetivos de las organizaciones. Por ejemplo, en el sector eléctrico, a través del análisis de máquinas de datos (*machine data analytics*) es posible identificar en tiempo real el desempeño de los generadores y tomar acciones correctivas, incluso de manera automatizada. Además, la comunicación entre los dispositivos ayuda a determinar cuándo, dónde y qué cantidad de energía debe producirse para que tanto las compañías del servicio como los usuarios puedan monitorear el consumo.

Estas actividades intensivas en conocimiento y realizadas por máquinas permiten a las empresas administrar sus costos de operación, mitigar los riesgos de seguridad, así como recibir servicios especializados de información a partir de los cuales ofrecen servicios de mayor valor para sus clientes.

Las máquinas de datos están en dispositivos y softwares que se encuentran asociados con los usos específicos de las empresas. Las empresas de software de máquinas de datos ofrecen distintos tipos de productos y modelos, como la compañía Splunk, pero, en general, ofrecen procesos de inteligencia operacional mediante la captura de datos de numerosas fuentes, haciendo el procesamiento, el filtrado, el análisis y la visualización para generar información útil a partir de datos de máquinas multiestructuradas (Raj y Raman, 2015). Esto incluye el análisis a partir de sitios web, aplicaciones comerciales, plataformas de redes sociales, sensores, servidores de aplicaciones, hipervisores, así como bases de datos tradicionales que utilizan las organizaciones.

En suma, para que estos datos puedan ser gestionados y analizados, se requiere de plataformas digitales especializadas en el manejo de grandes volúmenes de datos, que proporcionen los mecanismos necesarios para establecer una correcta comunicación con dispositivos físicos, como los que están siendo incorporados a los automóviles, pero sobre todo, de plataformas que permitan hacer análisis cruzados de información y realicen proyecciones para que las organizaciones puedan

conocer sus tendencias sobre una base real de comportamiento y funcionamiento de los objetos.

El aprovechamiento de los grandes datos genera innovaciones y favorece el crecimiento de las economías mediante la agregación de valor a los datos, involucrando diversos campos de conocimiento matemático como el uso de algoritmos y estadística que, combinados con nuevos desarrollos tecnológicos, permiten el reconocimiento de patrones, la visualización y nuevas interpretaciones y usos de los datos en sectores económicos diversos. A partir de los datos se pueden crear nuevos modelos de negocio que permiten monetizar los datos y valorizar la información digital, a través de los cuales se pueden obtener representaciones visuales sobre fenómenos complejos de la vida urbana como la movilidad (Marquina y Nájera, 2016).

Así pues, las ciudades inteligentes son sistemas sociotécnicos integrados por constelaciones de innovaciones de carácter técnico, económico, organizativo y cultural, inmersas en un entramado de relaciones entre actores humanos y no humanos que dan forma y definen las características físicas y las formas de interacción social, mediadas a través de plataformas tecnológicas digitales.

Innovaciones radicales en la industria automotriz: el automóvil interconectado

El sistema capitalista es dinámico, entra en crisis de forma periódica, se propaga de forma discontinua y, en las últimas décadas, su crecimiento resultó de excedentes económicos de naturaleza tecnológica (Rivera, 2015). Las crisis que acontecieron en 1929, 1978 y 2008 impulsaron la innovación en la industria automotriz y modificaron su dinámica de producción y consumo para mantener a las empresas operando (Juárez, 2011). En la crisis de 1929, las empresas introdujeron innovaciones relacionadas con la variedad de los productos, la obsolescencia planificada y la mercadotecnia para estimular la demanda de automóviles. En la crisis de 1978, el agotamiento del modelo de producción fordista dio paso al toyotismo que introdujo innovaciones radicales en la forma de organización industrial incluyendo la calidad total, la producción justo a tiempo y la subcontratación de procesos. Todo esto para reducir los costos y flexibilizar la producción al ritmo de la demanda. La nueva forma de organización de la producción se difundió dentro del proceso de globalización y fue sostenida gracias al desarrollo de las TIC, especialmente en los procesos de administración de la cadena de suministro (Rueda y Álvarez, 2011). En la crisis económica financiera de 2008, la industria fue impactada severamente por la caída del consumo en Norteamérica y Europa, mientras

que la región asiática, que se había convertido en el nuevo centro de reproducción de capital, creció a pasos agigantados impulsada por la demanda de automóviles en China. En esta crisis, los patrones de producción y consumo, así como las tecnologías utilizadas, fueron puestos en tela de juicio porque coadyuvaron a la crisis, especialmente al problema de contaminación ambiental. Las respuestas de los productores y gobiernos ante este cuestionamiento, aunado a las nuevas tecnologías de la información, han cambiado la forma en que se diseña, se produce, se distribuye y se usa un vehículo. También se han creado nuevos modelos de negocio basados en una concepción diferente de la movilidad de personas y mercancías (Álvarez, 2017).

La reacciones en la industria automotriz a la crisis incluyen las siguientes acciones: *i)* la relocalización de la planta productiva, *ii)* la integración acelerada de tecnologías de información para la producción que han llevado a un nuevo estadio en la manufactura conocido como *Industria 4.0*, *iii)* los cambios en los productos, especialmente en las tecnología de tracción con motores que utilizan diferentes combustibles como son los vehículos híbridos y eléctricos, *iv)* el uso de las TIC que han llevado a concebir los autos interconectados y autónomos.

Un automóvil interconectado es un sistema integrado que puede estar en interacción con el internet de las cosas. Las telecomunicaciones vía internet permiten que los automóviles se conecten con la infraestructura de la ciudad para mejorar la movilidad de personas y mercancías. El intercambio inalámbrico de información entre el vehículo automotor y la infraestructura inteligente (V2I) puede evitar accidentes y ofrecer beneficios de seguridad, movilidad y cuidado del medio ambiente. De acuerdo con la USDOT (2015), el sistema V2I debe tener tres componentes básicos: el dispositivo físco, el equipo ubicado en la vialidad y un canal de comunicación.

a) El dispositivo físico para la comunicación del vehículo se compone de un transceptor de radio,[4] un sistema GPS, un procesador de aplicaciones e interfaces con los sistemas del vehículo. Sirve para articular los datos del vehículo con los datos del GPS y transmitirlos a los equipos de infraestructura de la ciudad y a otros vehículos cercanos que cuenten con estas tecnologías. El dispositivo físico puede transmitir datos a otros dispositivos para el funcionamiento de aplicaciones de seguridad entre vehículos interconectados, los cuales pueden ser recolectados por particulares o por las instituciones de transporte y vialidad públicas.

b) El equipo es parte de la infraestructura urbana e interurbana y puede colocarse en cruces de avenidas, estaciones de servicio y en lugares que permiten la interfaz con otros vehículos. El equipo está compuesto por un transceptor de

[4] Dispositivo que cuenta con un transmisor y un receptor dentro del mismo espacio.

radio, una unidad GPS y un procesador de aplicaciones e interfaz a la red de comunicaciones.

c) Finalmente, el canal está integrado por la tecnología de comunicaciones inalámbricas denominada *Bluetooth*. Esta tecnología es universal, de bajo costo, su estructura permite que un dispositivo se conecte a otros dispositivos cercanos que cuenten con dicha tecnología. En la industria del automóvil se ha usado para conectar la telefonía celular sin que el conductor porte con sus manos el teléfono. Mediante la tecnología Bluetooth, las interfaces inteligentes del vehículo se comunican y proporcionan información al conductor relacionada con la operación del vehículo, o bien, con los sistemas de señales de tráfico. Por ejemplo, se mide el tráfico y los flujos peatonales con la ayuda de los dispositivos móviles que portan los individuos y los vehículos (los teléfonos inteligentes, las tabletas, los GPS, entre otros) para dar preferencia de paso a unidades que así lo requieran. Otra de las aplicaciones permite el reconocimiento de matrículas, ya que es una tecnología basada en cámaras y sirve para el control de estacionamiento y de peaje en las autopistas. Los sensores proporcionan información a los sistemas automatizados de estacionamiento para reducir sustancialmente la carga de trabajo del conductor.

La convergencia de las nuevas tecnologías entre la industria automotriz y las TIC también genera innovaciones en otros sectores de la economía, como el de los seguros, pues el vehículo inteligente puede ajustar los servicios y el precio del seguro dependiendo del uso que tenga el vehículo, el cual puede ser monitoreado desde la empresa automotriz y la aseguradora. Para las empresas que manufacturan vehículos, es posible conocer los problemas que presenta o presentará el automóvil, lo que se informará al usuario, quien podrá adquirir las partes y/o realizar el mantenimiento programado para su unidad. Este conjunto de sistemas integrados no sólo ayuda a disminuir las emisiones de carbono, sino también a tener un monitoreo y control sobre la demanda de productos y servicios para el funcionamiento de los autos que transitan en las ciudades, ya que es posible que las empresas puedan analizar los datos que se generan con los vehículos interconectados para predecir la demanda de partes, componentes y reporte de siniestros, en tiempo real.

Los vehículos interconectados se comunican con otros vehículos (V2V) en las vialidades e interactúan con servicios y aplicaciones remotas de la nube/cloud (V2C). Los vehículos transmiten de forma remota sus datos, que se almacenan en la nube formando grandes bases de datos a partir de los cuales se realizan análisis con distintos propósitos. Los datos permitirán ejecutar decisiones automatizadas, inteligentes y en tiempo real para optimizar los viajes a través de la infraestructura de transporte.

El eCall de la UE como tecnología de seguridad basada en *big data*

En 2013, la Unión Europea lanzó el proyecto eCall para todos los países miembros. En el marco de este proyecto, la UE aprobó una regulación que obliga a los fabricantes de vehículos a desarrollar e implementar obligatoriamente a partir de 2018, el sistema eCall en sus procesos de fabricación. Dicho sistema consiste en una tecnología que se conecta, automáticamente, con el número 112 de emergencias, en caso de que ocurra algún accidente en el vehículo. Una vez que el dispositivo detecta que se ha producido un accidente se activa, automáticamente, y avisa a los servicios de emergencia proporcionando no sólo la localización exacta del vehículo y el tipo de coche siniestrado, sino también la cantidad de personas que viajaban a bordo, el funcionamiento de algunas de las partes del automóvil para conocer el origen del siniestro, si fue provocado por el propio vehículo o por otros factores externos, entre ellos, la falla de algún otro automóvil. También se podría saber la cantidad de gasolina que había en el tanque, para así alertar a los bomberos ante potenciales incendios en el automóvil. Se estima que con este sistema se puedan reducir hasta en 10% las muertes por accidentes de tráfico.

Esta es la primera medida regulatoria relativa a los automóviles interconectados, generadores de grandes datos que circulan por el ciberespacio en la Unión Europea. Cabe resaltar que la ley comunitaria impide transferir los datos recabados por el sistema eCall a terceras empresas sin el consentimiento expreso del usuario, por lo que la adopción de estas innovaciones plantea un gran reto para el cumplimiento de estos principios basados en los derechos humanos y la protección de datos personales. De hecho, la ley exige a los fabricantes que el sistema que implanten en sus vehículos sea capaz de eliminar todos los datos recopilados durante un viaje, así como detallar en el momento de la compra del vehículo cómo se gestiona toda esa información.

El eCall es un servicio diseñado para proveer respuesta rápida ante emergencias en accidentes automovilísticos, en cualquier parte de la Unión Europea. Pretende mejorar la seguridad de la población europea y reducir los accidentes automovilísticos, así como la pérdida total del coche. Los nuevos modelos de autos en el mercado europeo estarán equipados obligatoriamente con la tecnología eCall a partir del 31 de marzo de 2018, según lo decretó la *European Comission's Impact Assessment*, enfatizando que su penetración en el mercado deberá estar completa para 2035. El eCall funciona haciendo una llamada de emergencia que puede ser generada manualmente por los pasajeros o automáticamente con sensores, cuando existe un daño grave al vehículo. Cuando se activa la llamada, se establece una conexión con el *Punto de Respuestas* de Seguridad Pública. En caso de

que ninguno de los pasajeros pueda hablar, se manda un paquete de información, conocido como MSD (Mínimum Set of Data) con la ubicación exacta del accidente, el tipo de aviso, el número de identificación del vehículo, y la hora, entre otros datos. Se espera que con la tecnología eCall, los tiempos de respuesta ante los accidentes se disminuya entre 50 y 60%, y gracias a esto salvar 2,500 vidas al año, además de ahorrar hasta 20 mil millones de dólares de los 160 mil millones que le cuestan a la Unión Europea los accidentes de auto en la actualidad.

Dentro del modelo de funcionamiento de las eCalls existirán dos tipos de proveedores del servicio: el público, otorgado por los gobiernos, y el privado, operado a través de las empresas. El servicio ofrecido por las empresas es conocido como TPS eCalls (Third Party Service eCall), esto quiere decir que ciertas compañías podrán ofrecer servicios similares a las eCalls públicas y el usuario tendrá la opción de elegir entre un servicio y otro. Para que una empresa tenga permitido ofrecer un servicio de eCalls, el sistema que ponga a la venta deberá cumplir con lo establecido en el estándar EN 16102:2011-TPS, en cual se señala que: *a)* sólo uno de los sistemas (público o privado) podrá ser operado a la vez, y *b)* en caso de que el usuario lo desee, podrá usar el eCall público, en cualquier momento sin la necesidad de hacer uso del servicio privado. Según el Club de Automóviles de Alemania (ADAC), se espera que 95% de los autos cuente con ambos servicios integrados, una vez que esta tecnología se difunda y sea asimilada por la industria automotriz, por las organizaciones públicas, así como por las compañías operadoras del servicio.

El servicio de eCall no se encontrará conectado a los celulares de forma permanente y sólo se establecerá una conexión con la red cuando el usuario lo requiera o cuando ocurra un accidente severo que active los sensores de emergencia y se haga una conexión automática con el punto de respuesta de seguridad pública. De este modo, no hay transmisión de datos o rastreo satelital de los usuarios en un día normal en el que no se tengan accidentes, esto con el fin de que la privacidad de los usuarios y sus datos sean respetados.

Con el objetivo de que el sistema entre en funcionamiento de forma óptima, el 26 de noviembre de 2012, la Comisión Europea emitió la directiva *eCall Delegated EU Regulation 305/2013 Specifications for PSAPs*, para la provisión de un sistema estandarizado de eCalls. El 3 de junio de 2014 se tomó la decisión de desplegar un sistema interoperable por toda Europa que pueda dar respuesta a las necesidades de funcionamiento de las eCalls. Con el fin de dar seguimiento al proyecto inicial, en diciembre de 2015 los miembros de los Estados reportaron a la Comisión Europea el estado de la implementación del sistema eCall, o al menos, el avance en la planificación de dicha implementación. Se espera que para octubre de 2017 los Estados miembros de la UE desplieguen en su territorio la infraestructura

necesaria y que finalmente, en marzo de 2018, todos los modelos de autos que se vendan deberán estar equipados con este servicio con los requerimientos mínimos acordados, siguiendo el estándar mencionado.

Conclusión

La nueva fase del sistema capitalista basada en el conocimiento, la información y el uso de grandes datos crea un nuevo entorno al que se están ajustando las empresas y sus formas de innovación, con nuevos marcos institucionales y regulaciones, tal como se mostró a lo largo del presente capítulo.

Los teóricos de la escuela francesa de la regulación se refieren a una nueva etapa del sistema capitalista, pues la generación de valor y los procesos de acumulación tienen como sustento los datos y la información digital para la generación de nuevo conocimiento, el cual se difunde preponderantemente a través de las redes de comunicación. En el marco de esta nueva forma de generación de valor, los sectores productivos, entre ellos el automotriz, han incorporado las tecnologías de información y comunicación a sus procesos administrativos, a los de manufactura, a las autopartes y al producto final, como es el caso de los servicios telemáticos del automóvil conectado. Por lo que dentro del capitalismo cognitivo se observa que gran parte de la innovación en las industrias manufactureras maduras está dirigida hacia la producción de servicios basados en conocimiento y en el uso intensivo de las tecnologías de la información y comunicación.

El modelo de ciudades inteligentes es un sustento del capitalismo cognitivo, en tanto que en ellas se genera una gran cantidad de datos por efectos mismos de la urbanización y el uso intensivo de dispositivos móviles y plataformas digitales que permiten la comunicación entre máquinas y la relación entre los individuos y ellas, tal como ocurre con los vehículos conectados.

La infraestructura de la ciudad es básica para explotar la arquitectura digital de estos vehículos y la generación de grandes datos que se están analizando por el propio sector automotriz, modificando su mercadotecnia, la administración de su cadena de valor, sus procesos productivos, entre otros. Las estrategias de las multinacionales sobre el portafolio de sus productos se modifican en función de los usos del automóvil, ya que con la convergencia de las TIC se conocen las prácticas de los consumidores respecto de las rutas que recorren, las reparaciones de los vehículos, las fallas de los automóviles, y todo ello permite conocer los perfiles de los clientes para hacer la planeación de los nuevos productos y servicios y las características del automóvil en función de las necesidades de los consumidores.

Los datos que se generan a partir de los autos interconectados también se analizan por las administraciones públicas y por las empresas de análisis de datos. Dentro de los cambios institucionales del capitalismo cognitivo están las regulaciones que emiten los gobiernos para difundir hacia otros sectores productivos las innovaciones en el sector de las tecnologías de información y comunicación y promover la generación y uso de los datos digitales. La directiva de la UE concerniente al uso de sistemas telemáticos para la seguridad de los conductores de automóviles refleja esta situación. De este modo, la directiva produce una demanda de servicios de TI para la industria automotriz, generando también un mercado para aquellas empresas dedicadas a la producción de dispositivos electrónicos, empresas de software y de análisis de grandes datos.

Bibliografía

Aglietta, Michel (1997), *Régulation et crises du capitalisme*, París, Odile Jacob.

Álvarez, Lourdes (2017), "La industria automotriz en la región del TLCAN 1994-2015", en Lourdes Álvarez y María Luisa González (coords.), *Reestructuración productiva de la industria automotriz en la región del TLCAN*, FCA/UNAM, pp. 39-63.

Bijker, W. E. (1995), *Of Bicycles, Bakelites and Bulbs: Towards a Theory of Sociotechnical Change*, Cambridge, The MIT Press.

Boyd, Danah y Kate Crawford (2012), "Critical Questions for Big Data", *Information, Communication & Society*, vol. 15, núm. 5, pp. 662-679.

Boyer, Robert e Yves Saillard (2002), *Régulation Theory. State of the Art,* Londres, Routledge.

Castells, Manuel (1999), *La era de la información*, México, Siglo XXI.

Corsani, Antonella, P. Dieuaide, M. Lazzarato, J. M. Monnier, Y. Moulier-Boutang, B. Paulré y C. Vercellone (2001), "Le capitalisme cognitif comme sortie de la crise du capitalisme industriel", *Un programme de recherche*, Documento de trabajo no. 8595, París, UMR/CNRS/Université de Paris 1.

Dieuaide, Patrick et al. (2007), "Introducción al capitalismo cognoscitivo", en M. A. Rivera y A. Dabat, *Cambio histórico mundial, conocimiento y desarrollo*, México, Juan Pablos/UNAM.

Drewett, Roy, Richard Knight y Uwe Schubert (1992), *The Future of European Cities: The Role of Science and Technology*, Bruselas, FAST Report.

Ekbia, Hammid, Michael Mattioli, Inna Kouper, G. Arave, Ali Ghazinejad, Timothy Bowman, Venkata Ratandeep Suri, Andrew Tsou, Scott Weingart y Cassidy Sugimoto (2015), "Big Data, Bigger Dilemmas: A Critical Review", *Journal of the Association for Information Science and Technology*, vol. 66, núm. 8, pp. 1523-1545.

European Parliament, Commission Delegated Regulation, European Union (2013), *Proposal for a decision of the European Parliament and of the council on the deployment of the interoperable eu-wide ecall /* COM/2013/0315 final - 2013/0166 (COD) */,* disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX%3A52013PC0315>, consultado el 15 mayo de 2016.

European Parliament, Commission Delegated Regulation European Union (2012), *Directive 2010/40/EU of the European Parliament and of the Council with regard to the harmonized provision for an interoperable EU-wide eCall Text with EEA relevance,* disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32013R0305>, consultado el 15 mayo de 2016.

European Parliament and of the Council (2010), "Directive 2010/40/EU, on the framework for the deployment of Intelligent Transport Systems in the field of road transport and for interfaces with other modes of transport", *Official Journal of the European Union*, disponible en: <http://www.eltis.org/sites/eltis/files/celex-32010l0040-en-txt.pdf>, consultado el 15 mayo de 2016.

Floridi, Luciano (2012), "A Look into the Future Impact of ICT on our Lives", *The Information Society*, vol. 23, núm. 1, pp. 59-64.

Gappert, Gary y Richard Knight (1982), "Cities in the 21st. Century", *Urban Affairs Annual Review*, vol. 23, Sage.

Held, David, Anthony McGrew, David Goldblatt y Jonathan Perraton (1999), *Global Transformation: Politics, Economics and Culture*, Standford, Polity Press/Standford University Press.

Hey, Tony, Stewart Tansley y Kristin Tolle (2009), *El cuarto paradigma. Descubrimiento científico en datos*, México, UAM.

Hollands, R. G. (2008), "Will the Real Smart City Please Stand Up?", *City: Analysis of Urban Trend, Culture, Theory, Policy, Action*, vol. 12, núm. 3, pp. 303-320.

Juárez, Huberto (2011), "La crisis de la industria del automóvil y el fin de una época", en Isabel Rueda y Lourdes Álvarez (coords.), *La industria automotriz en época de crisis, efectos económicos, financieros y sociales*, IIEc, FCA/UNAM, pp. 82-154.

Juillard, Michel (2002), "Accumulation Regimes", en R. Boyer e Y. Saillard, *Régulation Theory. State of the Art,* Londres, Routledge, pp. 153-160.

Kitchin, Rob (2014), *The Data Revolution. Big Data, Open Data, Data Infrastructures and Their Consequences*, Londres, Sage.

Knight, Richard (1995), "Knowledge-Based Development: Policy and Planning Implications for Cities", *Urban Studies,* vol. 32 , núm. 2, pp. 225-260.

Komninos, Nicos (2002), *Inteligent Cities. Innovation, Knowledge Systems and Digital Spaces*, Londres, Spon Press.

Komninos, Nicos (2006), "The Architecture of Intelligent Cities: Integrations Human, Collective and Artificial Intelligence to Enhance Knowledge and Innovation", *IEEE 2nd IET International Conference on Intelligent Environments*, IEEE Xplore, pp. 13-20.

Marquina, Lourdes (2006), "Tecnologías globales en la sociedad internacional", *Memorias del I Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología e Innovación*, México, Palacio de Minería, 19-23 de junio, disponible en: <www.oei.es/memoriasctsi/mesa6/m06p21.pdf>, consultado el 15 de mayo de 2016.

Marquina, Lourdes (2014), "Aportación de las Relaciones Internacionales a los estudios sociales de la tecnología", en Kreimer et al., *Perspectivas latinoamericanas en el estudio social de la ciencia, la tecnología y la sociedad*, México, Siglo XXI.

Marquina, Lourdes y Karen Nájera (2016), "Convergencia tecnológica para el desarrollo de ciudades inteligentes en México", en A. Morales et al., *Convergencia de conocimiento para beneficio de la sociedad. Tendencias, perspectivas, debates y desafíos*, México, Conacyt-Red Convergencia, pp. 239-260.

Marquina, Lourdes y Ryszard Rozga (2015), "La economía del conocimiento perspectivas urbano-regionales", *Revista Proyección*, vol. IX, núm. 18, agosto, pp. 6-30.

Marquina, L. y A. Ruiz (2009), "Cooperación política trasnacional para la interoperabilidad de los negocios electrónicos", *REDES-Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales*, vol. 17, núm. 5, diciembre, España, pp. 100-136.

Mouliner, Yann (2008), *Le capitalism cognitif*, París, Éditions Amsterdam.

Ordoñez, Sergio (2004), "La nueva fase de desarrollo y el capitalismo del conocimiento: elementos teóricos", *Comercio Exterior*, vol. 54, núm. 1, enero, pp. 4-17.

Raj, Pethuru y Anupama C. Raman (2015), *Intelligent Cities. Enabling Tools and Technology*, Florida, Taylor & Francis.

Rivera, Miguel Ángel (2015), *Desarrollo económico y cambio tecnológico. Teoría, marco global e implicaciones para México*, México, Juan Pablos.

Rueda, Isabel y Lourdes Álvarez (2011), *La industria automotriz en época de crisis: efectos económicos, financieros y sociales*, IIEc, FCA / UNAM, pp. 3-20.

Schuler, D. (2002), "Digital Cities and Digital Citizens", en M. Tanabe, P. van den Besselaar, T. Ishida (eds.), *Digital Cities II: Computational and Sociological Approaches*, Berlín, Springer, pp. 71-85.

United States Department of Transportation (USDOT) (2015), *Architecture Example of V2I Systems*, Estados Unidos, Intelligent Transport System Joint Program Office/USDOT.

Vercellone, Carlo (2005), *The Hypothesis of Cognitive Capitalism,* Londres, Birkbeck College.

Capítulo 4
El auto inteligente: evolución e impacto social más allá de un nuevo paradigma del transporte

Federico Cirett Galán,
Raquel Torres Peralta[1]

Introducción

El auto inteligente está a la vuelta de la esquina. La existencia de un vehículo que no requiere de conductor para cumplir sus funciones presenta un escenario nunca antes visto. Las implicaciones que esta nueva tecnología tendrá sobre nuestra sociedad son aún difíciles de concebir. Todo hace suponer que habrá de ser necesario un nuevo modelo de transporte que sea soportado por la infraestructura existente y permita el crecimiento poblacional sin necesidad de un incremento en el número de vehículos en circulación, En el caso de México, no obstante, las tendencias indican que el parque vehicular se ha cuadriplicado de 1990 a 2014, pasando de 6.5 millones de autos en 1990 a 25.5 en 2014. La tasa de crecimiento del parque vehicular de 2005 y 2010 alcanzó niveles superiores a 40%, mientras que en 2014 registra un crecimiento de tan sólo 22% contra 2010, mostrando un incremento de casi 5 millones de unidades en menos de 4 años (figuras 1 y 2)[2] (Inegi, 2016).

En los últimos registros, el parque vehicular de Estados Unidos (2010-2014) tuvo un crecimiento modesto de 8.56%, mientras que la tasa mundial se incrementó en ese periodo, y se puede observar que el número de unidades pasó de 500 millones en 1990 a 1,236 millones de autos en 2014 (tabla 1).

[1] Profesores de la escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de Sonora. Correo electrónico: <federico.cirett@unison.mx>, <raquel.torres@unison.mx>.

[2] No incluyen los autos introducidos ilegalmente al país.

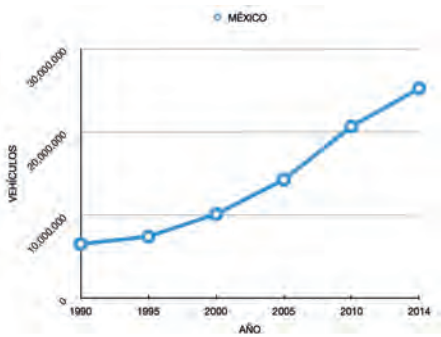
Tabla 1

Parque vehicular	*1990*	*1995*	*2000*	*2005*	*2010*	*2014*
Resto del mundo	528,981,777	643,361,000	699,837,000	888,925,214	1,015,260,827	1,236,304,000
% crecimiento		10.36%	8.78%	27.02%	14.21%	21.77%
Estados Unidos	188,797,914	201,530,021	203,720,000	237,242,616	239,811,984	260,350,940
% crecimiento		6.74%	1.09%	16.46%	1.08%	8.56%
México	6,555,657	7,449,376	10,145,098	14,269,293	20,671,792	25,226,371
% crecimiento		13.63%	36.18%	40.65%	44.86%	22.03%

En 20 años (1990-2010) se duplicó el parque vehicular mundial; en México, el parque se triplicó en el mismo periodo, mientras que Estados Unidos registró un aumento cercano a 27 por ciento.
Fuente: elaboración de los autores, con datos de Inegi, el U.S. Bureau of Transportation Statistics y la International Organization of Motor Vehicle Manufacturers.

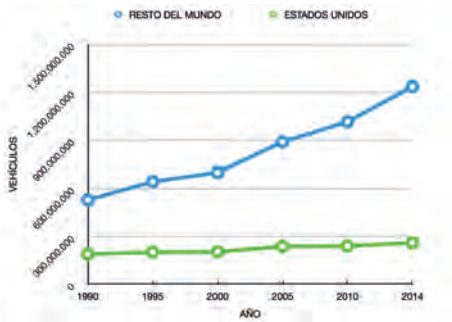
Un crecimiento tan acelerado del parque vehicular de México no puede ser absorbido por la infraestructura de sus ciudades, porque ha empezado a provocar congestionamientos en las calles y competencia por el estacionamiento, lo que a la vez genera más tráfico, pues los conductores que desean estacionar su unidad siguen circulando en el área donde desean aparcar provocando que la circulación vehicular reduzca su velocidad (Shoup, 2006).

Figura 1



El crecimiento del parque vehicular de México muestra un incremento cercano a 400% en 24 años.
Fuente: Inegi (2016).

Figura 2



A partir del año 2000, se registra un crecimiento sostenido a nivel mundial del parque vehicular, mientras que el incremento en Estados Unidos de Norteamérica apenas es notable.
Fuente: U.S. Bureau of Transportation Statistics e International Organization of Motor Vehicle Manufacturers.

La marcada tendencia en el crecimiento del número de vehículos representa grandes retos para México. La falta de servicios de transporte público eficiente, la expansión territorial de las ciudades y la necesidad de tener varios autos en una misma familia para satisfacer los requerimientos de transporte de sus miembros abona al problema. Por otro lado, el número de accidentes causados por embriaguez o por violaciones de las reglas y señalamientos de tránsito crecen a la par del número de automóviles, causando pérdidas humanas y económicas.

En este capítulo efectuamos un recuento de las características del auto inteligente y de su relación con la revolución del transporte público, con el ánimo de explorar las implicaciones que tendrá en la sociedad mexicana. A manera de antecedentes, iniciamos con una breve historia del auto inteligente, donde se destacan algunas iniciativas y proyectos que dieron inicio a su creación desde mediados del siglo xx. En seguida, dedicamos una sección a la definición del auto inteligente, donde exponemos las diferencias entre autos, autos semiautónomos y vehículos autónomos. Posteriormente, en la sección "Impacto del auto inteligente en la sociedad", planteamos los cambios que podría generar esta tecnología a los diferentes sectores de la población, así como la revolución del transporte público. Antes de finalizar, abordamos el dilema ético o disyuntivas que se desprenden de los posibles escenarios que podría enfrentar la generalización de la fabricación del auto inteligente. Por último, se formulan algunas preguntas acerca de las implicaciones de la introducción de estos vehículos en nuestras comunidades.

Un poco de historia

La introducción del automóvil en forma masiva en 1908 (Ford Media, 2013) facilitó el transporte en las ciudades, sin embargo, con el auto arribaron nuevos problemas: el control de tráfico, los accidentes provocados por la impericia, alta velocidad o distracción de los conductores y la contaminación del medio ambiente por los gases de escape de los vehículos de combustión interna, sobre todo, cuando los autos no avanzan o lo hacen lentamente por encontrarse en un embotellamiento. A través del siglo xx hubo varios intentos de crear un vehículo autónomo que pudiera conducirse sólo en sinergia con los demás vehículos y así resolver estos tres grandes inconvenientes. Las primeras pruebas se enfocaban en dos grandes ramas: la tentativa inicial era hacer que los autos siguieran un circuito (de modo similar al de los tranvías), ya fuera electromagnéticamente o por contacto directo. La segunda prueba pretendía controlar todos los vehículos viajando en el sistema por medio de una computadora central. Ambas opciones hacían difícil la implementación en forma masiva.

Figura 3. Anuncio que apareció en diversas revistas en la década de los cincuenta en Estados Unidos de Norteamérica

Fuente: MyCarquest.

El sueño de un auto que se maneje solo ha existido desde que aparecieron los primeros automóviles. La literatura y los medios han difundido la idea de un auto que se maneja solo como el ideal de transporte (figura 3). Es hasta la década de los ochenta que Ernest Dickmanns y su equipo de investigación de la Universidad de Bundeswehr, en Alemania, encuentran la forma de que los autos se conduzcan solos utilizando algoritmos rudimentarios de visión por computadora y telemetría básica (Broggi et al., 1999). Muy pronto este enfoque evolucionó y se convirtió en la principal rama de investigación encaminada al desarrollo del auto autónomo.

Asimismo, se pasó de la idea de sistemas de control centralizados a la de autos que se comunican entre sí y resuelven localmente la decisión a tomar. La transición de vehículos conducidos por humanos a autos autónomos es otro tema de visiones encontradas. Un enfoque sugiere una transición gradual, cediendo poco

a poco el control al autómata, mientras que otra corriente se inclina hacia autos que no cuenten con control manual, esto es, sin pedales y sin volante. Varias versiones de autos autónomos se han desarrollado desde el inicio de su concepción, pero es hasta esta década cuando los prototipos se han acercado más al concepto ideal del vehículo inteligente.

Los inicios

La Feria Mundial de 1939 es señalada por la mayoría de investigadores como el punto de partida de los autos que se conducen solos (Özgüner et al., 2011). En el área de exhibición "Futurama" de General Motors (figura 4) se exhibía un carro conceptual, junto a ilustraciones y descripciones de autos que transportaban gente en forma automática, sin estrés, dentro de la ciudad y en autopistas entre poblaciones.

Figura 4. Edificio de General Motors en los terrenos de la Feria Mundial de 1939 en Nueva York

Fuente: NYPL Manuscripts and Archives Division (2011), The New York Public Library (1935-1945).

Al iniciar la década de los sesenta, Robert Fenton, de la Universidad de Ohio, experimentó con autos que pudieran virar, acelerar y frenar, e incluso llegó a demostrar la posibilidad de fabricar vehículos que siguieran un cable por debajo del pavimento a modo de guía por las calles, de tal forma que no necesitaban conductor. Debido a que en esa época no se contaba con sensores de proximidad, era difícil mantener la distancia entre autos que se conducían solos, lo que hacía casi imposible evitar colisiones.

Hacia 1963, en Gran Bretaña se llevaron a cabo experimentos donde se incrustaron cables magnéticos por debajo de la carpeta asfáltica para guiar a los autos en forma automática en carretera y se demostró satisfactoriamente el control automático de un Citroen DS a una velocidad de 80 km/h (Waugh, 2013), sin embargo, los investigadores no encontraron una forma segura de hacer el cambio de carril en forma automatizada.

A finales de la década de los sesenta, el gobierno francés inició el proyecto Aramis (Anderson, 1996), un sistema de transporte personal rápido, el cual consistía en vías metálicas que los autos podían seguir y conducirse como si fueran un tren, pero sin ligarse, esto es, viajaban en convoy. Infortunadamente, el sistema era complejo y no cumplió con sus metas y se abandonó en su última revisión en 1987.

Proyecto Eureka/Prometheus

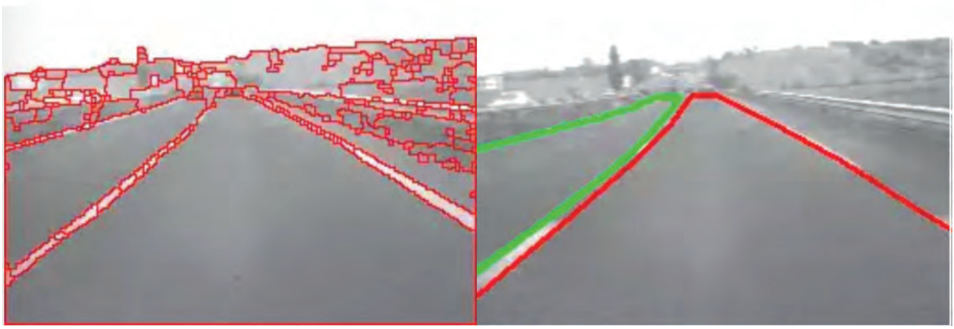
En 1985 nació la organización europea Eureka, la cual se encargaba de administrar los fondos de proyectos de investigación y desarrollo. Uno de los primeros proyectos en los que invirtió fue en Prometheus (Programme for a European Traffic System with Highest Efficiency and Unprecedented Safety/Programa para un sistema de tráfico europeo con gran eficiencia y seguridad sin precedentes). La investigación de Prometheus inició en enero de 1987 y terminó en enero de 1995. Su fin era crear conceptos y soluciones que hicieran posible diseñar un sistema de tráfico vehicular fluido, que permitiera ir a una velocidad constante y redundara en un mayor rendimiento de combustible, una reducción en el impacto en el medio ambiente y un incremento en la seguridad del transporte. En total se invirtieron 749 millones de euros y, como resultado, se probaron varios prototipos que se conducían solos en calles y carreteras europeas.

Prometheus retomó investigaciones a cargo de Ernst Dickmanns, de la Universidad de Bundeswehr, Munich, sobre autos inteligentes, reconociendo el camino con técnicas de visión por computadora (Computer Vision) (Broggi

et al., 1999). En 1985, su primer vehículo autónomo, VaMors, una van de cinco toneladas, alcanzó una velocidad de cien kilómetros en una carretera sin tráfico utilizando algoritmos inteligentes de reconocimiento de patrones en las imágenes para llevar el control de la unidad tanto en forma lateral como longitudinal (figura 5). En 1988 se demostró el vehículo VITA, una van de 7.5 toneladas de peso, la cual, además de reconocer el camino, era capaz de detenerse y acelerar automáticamente, por lo que podía seguir a otro auto y viajar en convoy. Ambas unidades contaban con cámaras digitales, un módulo de visión por computadora, sensores de velocidad y distancia, y en el caso de VaMors, un sistema de posicionamiento global (GPS), que le indicaba, aunque no con gran precisión, su posición inicial.

En la tercera etapa del proyecto Prometheus (Prometheus-III), se desarrolló el prototipo VaMP (Thomanek y Dickmanns, 1996), un sedán Mercedes 500 SEL de Daimler BENZ, equipado con cuatro cámaras digitales al frente y dos atrás. Lás cámaras frontales estaban situadas dos al lado izquierdo y dos al derecho, calibradas a distancias distintas, esto es, unas enfocaban el área inmediata frente al vehículo y las otras trataban de captar objetos más lejanos. También contaba con cuatro micro-computadoras y 45 transputers, equipo de cómputo para procesamiento en paralelo de las imágenes generadas por las cámaras. Este poder de cómputo le permitía llevar control de hasta cinco objetos por hemisferio a una distancia de hasta cien metros.

Figura 5



En el Proyecto Prometheus, la imagen de una cámara frontal se preprocesa aplicando un filtro morfológico dinámico que elimina sombras y conecta las líneas. Una primera segmentación se hace en la imagen filtrada, para luego obtener un modelo geométrico del camino.
Fuente: Beucher et al. (1990).

El VITA-II era un auto prototipo, basado en un Mercedes 500 SEL de Daimler-Benz, que contaba con sensores ópticos distribuidos alrededor de la estructura, esto le permitía tener una visión completa de su alrededor. Además, utilizaba tres sistemas diferentes de reconocimiento: un módulo de seguimiento del camino (*road tracking*), un módulo de reconocimiento de señales de tráfico (*traffic sign recognition*) y un arreglo de cuatro módulos de reconocimiento de obstáculos, que ayudaban a distinguir autos, camiones, así como topes y objetos situados lateralmente (Reichardt, 1995).

El VaMP y el VITA-II fueron los únicos autos del proyecto Prometheus que lograron conducir de forma autónoma en pruebas de la vida real (Broggi et al., 1999). El uso de transputers como sistemas de procesamiento permitía a estos vehículos rebasar en carretera, además, hizo menos complejo y más ligero el módulo de control al reducirlo a un tercio de su tamaño original.

ARGO

Un equipo de investigadores de la Universidad de Parma, Italia, trabajó en la década de los noventa en ARGO (Broggi et al., 2000), un sedán Lancia Thema 2000 equipado con dos cámaras digitales que permitían una visión estereoscópica y una computadora Pentium MMX de 200 MHz. El vehículo podía detectar las franjas del camino incluso en situaciones adversas de iluminación, así como obstáculos, por lo que podía maniobrar automáticamente en una carretera. Sin embargo, tenía problemas para la detección de curvas y no era apto para caminos irregulares.

Universidad de Carnegie Mellon

Desde 1984, la Universidad de Carnegie Mellon ha estado investigando autos que se conducen solos, en dos líneas de análisis (Broggi et al., 1999) bajo el concepto de NavLab: *a)* utilizar visión por computadora y telemetría para conducir en caminos de terracería, y *b)* aumentar la seguridad y el flujo vehicular en las carreteras. El NavLab 1, construido en 1986 (Jochem et al., 1995) era una van Chevrolet que contenía en su área de almacenamiento tres estaciones de trabajo Sun, equipo de procesamiento de video y un sistema GPS. El NavLab 1 tuvo varios problemas con su *software* y logró moverse en carretera a tan sólo 32 km/h sin asistencia.

Hacia 1990 se acondicionó el NavLab 2, un HMMWV (Humvee) militar con tres computadoras Sparc y dos computadoras Motorola 68000, así como un sistema de navegación inercial para llevar control de su posicionamiento. La

velocidad máxima de este vehículo en terracería era de 10 km/h, mientras que llegó a alcanzar los 110 km/h en carretera.

En 1995, el proyecto más relevante de este laboratorio era RALPH (Rapidly Adapting Lateral Position Handler), instalado en el vehiculo NavLab 5 (Broggi et al., 1999), una minivan Pontiac Trans Sport que utilizaba una cámara CCD (digital) a color, un aparato de telemetría (*range finder*) para detección de objetos, un sistema GPS y una computadora para procesamiento de estas señales. Mientras la telemetría se ocupaba de encontrar otros vehículos en el camino, la cámara a color era utilizada para encontrar las franjas que delimitan la carretera.

El sistema del NavLab 5 fue probado en carretera, conduciendo automáticamente 98% del tiempo desde Pittsburgh, Pennsylvania, hasta San Diego, California. Recorrió 4,475 kilómetros de distancia a una velocidad promedio de 102 km/h. Sin embargo, RALPH sólo dirigía el volante. La aceleración y frenado eran controlados por un piloto humano (Pomerlau, 1995).

Figura 6. NavLab5 de Carnegie Mellon

Fuente: CMU (2007).

National Automated Highway System Consortium

El Congreso de Estados Unidos aprobó en 1991 la Intermodal Surface Transportation Efficiency Act, la cual establecía un fondo de $650 millones de dólares

para investigar el desarrollo de tecnología necesaria para que los autos se pudieran conducir solos en el sistema de autopistas estadounidense. El acta dictaba un plazo de seis años para poder demostrar la tecnología. Entre los principales beneficios que se buscaban estaban el incrementar la seguridad en carreteras y eficientar el consumo de gasolina (Novak, 2013).

El National Automated Highway System Consortium (NAHSC) fue formado a finales de 1994 con nueve organizaciones principales: General Motors, Bechtel Corporation, The California Department of Transportation, Carnegie Mellon University, Delco Electronics, Hughes Electronics, Lockheed Martin, Parsons Brinckerhoff y la Universidad de California-Berkeley. Un estudio inicial del NAHSC afirmaba que en carreteras interestatales era posible disminuir entre 26 y 85% de los accidentes, en carreteras suburbanas entre 32.5 y 85%, y en carreteras rurales entre 45 y 85% (Transportation Research Board, 1998).

El 22 de julio de 1997, el NAHSC demostró, públicamente, en los carriles HOV (High Occupancy Vehicle lane/Carril para vehículos de alta ocupación/dos o más personas) un convoy de ocho autos semiautónomos que recorrió diez kilómetros con éxito, en una carretera adaptada para esta prueba. Cada cierta distancia se encontraban instalados marcadores magnéticos a un costado de la carretera, lo que permitía al módulo de control conocer su posición lateral y poder mantenerse dentro de la cinta asfáltica. Cada auto seguía al de enfrente acelerando y frenando de acuerdo con la información proveniente de sus sensores de proximidad. Aun cuando se demostró que la tecnología funcionaba, no se utilizó en un programa nacional de automatización de carreteras, terminando con ello el proyecto (Novak, 2013).

Gran Reto DARPA

El 22 de febrero de 2003, la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de Defensa de Estados Unidos (DARPA, por sus siglas en inglés: Defense Advanced Research Projects Agency) anunció el DARPA Grand Challenge, una competencia abierta donde autos que se conducían solos tendrían que recorrer un camino de terracería de 227 kilómetros de longitud en el desierto de Mojave (DGC, 2004). El premio al equipo cuyo auto cruzara la meta en menos de diez horas, sería de un millón de dólares. Para este evento se registraron 107 equipos, pero sólo 15 vehículos pasaron las pruebas preliminares de calificación en un circuito cerrado. En marzo de 2004 se llevó a cabo la primera edición del reto y ninguno de los vehículos pasó de 5% del trayecto debido a accidentes o fallas mecánicas y de control. El robot que llegó más lejos fue Sandstorm, del equipo Red Team, de la

Universidad de Carnegie Mellon: recorrió 11.9 kilómetros antes de quedarse atorado en un terraplén.

Gran Reto DARPA 2005

La gran convocatoria del Darpa Grand Challenge y el que no hubiera un ganador en su primera edición motivó a la dirección de DARPA a realizar una nueva competencia el siguiente año (DGC, 2005), a la cual se registraron 195 equipos. Sólo 43 fueron elegidos para participar en una evaluación previa. De esta ronda de calificación, sólo pasaron 23 equipos. Para la edición de 2005, el curso a recorrer fue de menor longitud a la de 2004, con tan sólo 212 kilómetros, pero la dificultad era mayor, pues incluía el paso por tres túneles, donde la señal del sistema de posicionamiento global (GPS) se perdía, además de presentar una trayectoria con más curvas.

El Gran Reto fue ganado por el equipo Stanford Racing Team, de la Universidad de Stanford, con el auto autónomo Stanley, un Volkswagen Touareg, el cual contaba con cinco unidades de LIDAR[3] para generar un mapa virtual alrededor del vehículo, además de una videocámara direccionada al frente para observar más allá del rango del LIDAR (y poder acelerar), GPS y un arreglo de seis computadoras con procesador Pentium-M y sistema operativo Linux.

Además de Stanley, tres vehículos más lograron hacer el recorrido completo en menos de ocho horas: los dos de Red Team (Sandstorm y H1ghlander, de Carnegie Mellon University) y el de Gray Team. Uno más, el de Team Terramax, logró superar la meta después de 12 horas y 51 minutos.

DARPA Urban Challenge 2007

El éxito del Gran Reto 2005 impulsó a DARPA a organizar un nuevo evento, esta vez, de autos que se conducen solos en el tráfico de una ciudad (DUC, 2007). Para evitar causar daños a civiles, la prueba se realizó en una base aérea modificada del estado de California, para hacerla parecer un pequeño pueblo, con tráfico simulado por una pequeña flotilla de 30 autos sedán, equipados con cajas de seguridad, extinguidores contra fuego y conductores profesionales. Los autos autónomos tenían que seguir todas las reglas de tránsito de California, entre ellas: hacer alto, respetar los semáforos e incorporarse a una calle transitada. En esta ocasión ganó

[3] Light Detection and Range, un sistema que utiliza el mismo principio del Radar, pero con luz: emitir ondas y medir la distancia por el tiempo que tarda en volver la señal.

el equipo Tartan Racing de Carnegie Mellon con Boss, y en segundo lugar quedó Junior, de Stanford Racing. En total, sólo seis de once autos terminaron la carrera.

Proyecto Drive C2X

La Unión Europea inició en enero de 2011 el proyecto Drive C2X, cuya meta principal ha sido, desde entonces, desarrollar y desplegar tecnologías de comunicación de auto a auto (*car-to-car*) y auto a infraestructura (*car-to-infrastructure*), con el desafío de mejorar la situación actual de movilidad automovilística, como es la congestión de calles, seguridad en los caminos y reducir la emisión de bióxido de carbono (CO_2). El reto principal ha sido mejorar la circulación de automóviles en las ciudades de Europa, donde las edificaciones históricas no permiten la expansión de las vías terrestres (DRIVE C2X, 2013).

El ideal del proyecto es que, al haber comunicación de auto a auto (C2C) y de auto a infraestructura (C2I), se reducirán los accidentes y se evitará la polución aérea, esto porque, en teoría, los autos que reporten un accidente en el camino comunicarán automáticamente vía redes inalámbricas a los vehículos más cercanos, que a su vez repetirán el mensaje y lo transmitirán a semáforos y casetas de cobro. Éstos, a su vez, lo enviarán a una computadora central, la cual podrá determinar rutas alternas y enviar un mensaje masivo de advertencia a los autos en circulación. Así, se puede desviar el tráfico mucho antes de que se apile en el sitio del accidente, impidiendo, de esta manera, la concentración de CO_2 en un sólo lugar.

Google Driverless car

En octubre de 2010, *Google*, la compañía de búsquedas en internet, anunció su proyecto de auto inteligente (*Google Car*). Para cuando el proyecto se hizo del conocimiento general, los seis prototipos con los que contaba habían acumulado 225 mil kilómetros de conducción robotizada (*Google Blog*, 2010), a sólo un año de haber iniciado la investigación, en 2009 (Selfdriving test, 2014). Esto se debe a que el director del programa, en su inicio, fue Sebastian Thrun, quien fue profesor de ciencias computacionales, robótica, conocimiento y descubrimiento automatizado en la Universidad de Carnegie Mellon (CMU) de 1998 a 2003, y fungió como colaborador en el proyecto de autos autónomos de William "Red" Whittaker (The Tartan, 2005). Posteriormente, de 2003 a 2011, Thrun participó como profesor en la Universidad de Stanford; dirigió el Laboratorio de Inteligencia Artificial y el

proyecto que llevó a ganar a esa universidad el Gran Reto Darpa 2005 y el segundo lugar en el Reto Urbano de DARPA en 2007 (Thrun, 2014).

Figura 7

Uno de los prototipos de auto inteligente autónomo de *Google* es un Prius de Toyota con un LIDAR instalado en el techo, radares en las defensas, cámara de video montada en el espejo retrovisor y un arreglo de computadoras que procesan toda la información sensada y deciden cada acción de conducción en tiempo real (Foto: *Wikimedia*).
Fuente: *Wikimedia.org* (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jurvetson_Google_driverless_car_trimmed.jpg).

El enfoque de *Google* para el problema del auto que se conduce solo es diferente: primero elaboran un mapa detallado de la superficie asfáltica de una ciudad con la ayuda de un LIDAR y cargan el mapa en la computadora del auto autónomo. El vehículo inteligente lo único que tiene que hacer es encontrar la diferencia entre el mapa previo contra la información que recibe de sus sensores: GPS para posicionamiento, cámaras para ver los semáforos, cuatro radares y el LIDAR colocado en el techo del auto para reconocer cualquier vehículo, persona u obstáculo en el camino. Además, el auto cuenta con un registro en memoria de las experiencias previas a cada ubicación de las vías por las que ha transitado, lo que le permite comparar el comportamiento de otros autos, ciclistas y peatones, predecir el estado de su alrededor incluyendo la posición de los demás vehículos

al conducir. De esta manera, es menor el procesamiento que tiene que hacer la computadora a bordo sobre todo lo que la rodea. Los autos de *Google* han acumulado alrededor de tres millones de kilómetros de conducción en forma autónoma desde 2009 hasta julio de 2016 (*Google Blog*, 2016).

El costo de equipamiento de un auto que se conduce autónomamente era de 150 mil dólares en sensores y equipo de cómputo en 2012. El LIDAR de alta resolución montado en el techo costaba alrededor de $70,000 dólares (*USA Today*, 2012a), sin embargo, a inicios de 2016, Velodyne anunció un LIDAR para autos autónomos con un costo menor a $500 dólares en volumen (SAE, 2016). La baja de precios en los componentes del auto inteligente hará más factible su producción en serie y la introducción al mercado global.

Definición del auto inteligente

De acuerdo con la Administración Nacional de Seguridad Vial del Departamento de Transporte de Estados Unidos (Department of Transportation's National Highway Traffic Safety Administration/NHTSA), un vehículo autónomo es aquel cuya operación ocurre sin la participación directa del conductor para controlar la dirección, aceleración o frenado, y son diseñados de tal manera que no requiere un monitoreo constante por parte de sus tripulantes mientras el auto opera en conducción automática (NHTSA, 2013). Además, la NHTSA ha establecido los niveles de automatización en la conducción de los autos inteligentes:

Nivel 0. El vehículo no contiene ninguna adaptación de control automático. El conductor tiene control total sobre la conducción, aceleración y frenado de éste.

Nivel 1 (Automatización de función específica). La automatización en este nivel incluye una o más funciones específicas de control. Ejemplo: el control electrónico de estabilidad o frenos precargados que permiten asistir en el frenado al conductor.

Nivel 2 (Automatización de función combinada). En este nivel, al menos dos funciones primarias de control están diseñadas para trabajar al unísono y ayudar al conductor en dichas funciones. Un ejemplo de funciones combinadas de nivel 2 sería el sistema de control de crucero adaptativo en combinación con el centrado automático de acuerdo con las líneas en el camino.

Nivel 3 (Automatización limitada de conducción automática). Los vehículos en este nivel de automatización permiten al conductor ceder el control total al vehículo de todas las funciones críticas de seguridad bajo cierto tráfico o condiciones del clima y depender del vehículo para que éste monitoree los cambios en las condiciones para recuperar el control del auto. Se espera que el conductor esté

presente para esas ocasiones, pero recuperando el control con suficiente tiempo de transición. Los carros automáticos de *Google* (Prius y Lexus) son ejemplo de la automatización limitada de la conducción automática.

Nivel 4 (Automatización total de la conducción automática). El vehículo está diseñado para realizar todas las funciones de seguridad y conducción críticas y monitorear las condiciones del camino por el viaje entero. Un diseño así anticipa que el conductor proveerá una dirección de destino o sugerencias de navegación, pero no se espera que esté disponible para controlar el auto en ningún momento en la duración del viaje. Esto incluye tanto vehículos ocupados como no-ocupados.

El mercado actual ofrece algún nivel de autonomía en los autos comerciales y se espera que para 2018 se tenga el primer vehículo completamente autónomo a la venta.

Vehículos semiautónomos

El rango de vehículos semiautónomos comprende desde el nivel 1 hasta el nivel 3. Algunos automóviles en el mercado ya incluyen sistemas que ayudan al tripulante a conducir la unidad, por ejemplo, el control electrónico de estabilidad. La Unión Europea ha legislado para hacer obligatorio este sistema en todos los autos a la venta en sus territorios a partir del 31 de octubre de 2014 (CNET, 2011). Estados Unidos y Canadá han aprobado leyes que estipulan que todos los vehículos que pesen menos de 4,536 kilogramos y sean manufacturados a partir del primero de septiembre de 2011 deberán incluir también dicho sistema de seguridad.

Aun cuando se introdujo la opción de "Asistente de Estacionamiento Inteligente" (*Intelligent Parking Assist*) desde 2003 por Toyota (CNN, 2003), no es sino hasta 2012 que los sistemas de estacionamiento automático logran establecerse en el mercado, sobre todo en autos de lujo (*USA Today*, 2012b). Toyota, Lexus, Land Rover, Ford, Lincoln, BMW y Mercedes-Benz cuentan con sistemas que permiten que el auto se estacione solo al presionar un botón. Mitsubishi Motors ha tenido a la venta desde 1998 un auto con capacidad de monitorear el camino y evitar desvíos, con videocámaras para observar los "lados ciegos" del conductor y un sistema de control de crucero automático que reduce o aumenta la velocidad de acuerdo con los obstáculos o autos captados por sus sensores. Este último sistema se ha incluido en algunos vehículos de Mitsubishi desde 1995 (Mitsubishi, 1998); sin embargo, no es sino hasta 2006 que aparece un verdadero sistema de control de crucero adaptativo (*Adaptive Cruise Control* o ACC), que utiliza radares de corto y largo alcance para medir la distancia a un vehículo al frente y

disminuir la velocidad o aumentarla acorde (Extreme Tech, 2013). BMW, Lexus, Toyota, Nissan y Ford son algunos de los fabricantes que ofrecen ACC en sus vehículos o nivel 2 de automatización (*Fortune*, 2014).

La camioneta XC90 de Volvo de 2016 cuenta con Piloto Asistente (Pilot Assist) que mantiene centrado el vehículo dentro de las líneas demarcadoras de carril, así como también conserva la distancia respecto del auto de enfrente con ayuda de un radar. El radar también ayuda a evitar accidentes contra ciclistas y puede frenar la unidad si se cruza otro auto. Además, puede estacionarse de forma autónoma (Volvo, 2016).

La compañía Tesla Motors ofrece sus autos Model S y Model X, que desde 2015 cuentan con el sistema Autopilot (nivel 3), el cual incluye una cámara de video frontal, radar frontal y de 360 grados para ofrecer un sistema de control de crucero adaptativo que puede variar la velocidad, cuidar que el auto no salga de su carril, detenerse si un choque es inminente, leer los señalamientos de tráfico, estacionarse solo y además salir del estacionamiento para encontrarse con su conductor (*San José Mercury News*, 2014). Además, se anunció que los sistemas de Autopilot se actualizarán gradualmente en el futuro para lograr que se conduzca como un vehículo del nivel 4 de conducción automática. Este paradigma resulta atractivo para los consumidores, quienes no tendrán que cambiar de auto para obtener futuras mejoras, sino solamente actualizar el software de su vehículo.

Figura 8. Tesla Model S P90D, vehículo eléctrico con conducción semi-autónoma Nivel 3

Fuente: *Wikimedia.org* (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tesla_Model_S_P90D_charging.jpg).

Vehículos inteligentes autónomos

Aún no se encuentran en el mercado los vehículos inteligentes autónomos nivel 4. Sergey Brin, cofundador de *Google*, predijo, en septiembre de 2012, que en cinco años se verían autos inteligentes conduciendo solos en las calles (PCMag, 2012), pero *Google* pretende algo más que vender autos que puedan pasar de control manual a automático. La empresa busca cambiar la forma en la que utilizamos los autos, pues en mayo de 2014 presentó un automóvil eléctrico para dos personas, sin controles manuales, como volante, palanca de velocidades y pedales. El proyecto se encuentra en una etapa de prueba y se planea poner en circulación hasta cien unidades autónomas en California en un programa piloto. Las unidades contarán en un principio con controles manuales para respaldo ante una eventualidad, pero el producto final no contará con dichos controles (*The Verge*, 2014a). Uno de los fines de *Google* con este proyecto es reducir en 90% el número de muertes anuales por accidentes automovilísticos en Estados Unidos, las cuales suman 32,000 al año (IIHS, 2014) y, globalmente, se aproximan a 1,200,000 anuales (WHO, 2010). Otro de los problemas que se busca solucionar es el del transporte público en áreas con poca densidad poblacional, donde no es rentable utilizar autobuses.

Por su parte, Elon Musk, el CEO de Tesla, afirma que sus vehículos tendrán control automático en el año 2018 y, además, podrán ser utilizados como taxis privados. Esto significa que mientras el dueño del auto está en el trabajo, el automóvil recorrerá la ciudad ofreciendo transportación de punto a punto por una cantidad módica. Así, el auto será aprovechado en el tiempo que no es utilizado por su propietario para generar ingresos. Además, Musk anunció que introducirá un nuevo vehículo de conducción autónoma al mercado, el cual servirá como transporte público, como un colectivo, obviando la necesidad de autobuses urbanos (Tesla, 2016).

Impacto del auto inteligente en la sociedad

Un vehículo autónomo se conduce sin necesidad de intervención humana. El no requerir asistencia de personal para conducir un auto tendrá fuertes implicaciones en nuestra sociedad, que van desde la independencia para transporte para las personas con algún impedimento físico o legal para la conducción de un auto, hasta el nacimiento de un sistema de transporte que no requiera de choferes, reduciendo la necesidad de personal y sindicatos, aumentando las ganancias económicas, permitiendo la extensión de horarios, o bien, el servicio ininterrumpido, pero

también propiciando desempleo en este sector. Por otro lado, la falta de emociones, el estricto cumplimiento de las leyes de tránsito y el uso de un sistema que no se duerme al volante ni sufre distracciones, hace del auto autónomo un vehículo perfecto para reducir el riesgo de accidentes. Ante el escenario que se avecina, el país deberá tomar medidas para prevenir problemas sociales, así como capitalizar la oportunidad que se presenta en diversos sectores de la economía.

El auto inteligente como medida de inclusión

La característica de autoconducción permitirá a las personas con discapacidad conmutar sin depender de un tercero. En 2013, *Google* introdujo su prototipo de auto inteligente con un tripulante legalmente ciego, Steve Mahan, quien indicó al auto hacia dónde ir por medio de comandos de voz. Mahan expresó que, por primera vez en mucho tiempo, se sentía libre de recoger la ropa de su tintorería y pasar por un refrigerio, sin ayuda de alguien más. Las necesidades de transporte de las personas con discapacidad no se solucionan con las opciones de transporte público que actualmente se ofrecen en la mayoría de los países. Una persona invidente puede percatarse de que un autobús está haciendo alto en la parada, pero no puede saber a cuál ruta pertenece, de modo que aun para transportarse por ese medio necesita ayuda de otra persona.

En México, en 2010, el número de personas con discapacidad superaba los 5.7 millones (Inegi, 2010) y, aunque hay algunos esfuerzos por garantizar el servicio de transporte para toda la población, como el Metrobus en la Ciudad de México, las limitaciones siguen siendo mayúsculas, pues el servicio no se extiende a todo el territorio dentro de la ciudad ni al resto de la República. El uso de un auto inteligente que traslade de punto a punto sin necesidad de trasbordar podría marcar la diferencia entre una persona productiva e independiente y una que sigue dependiendo de otros para cubrir una de las necesidades clave, como es la movilidad.

Otro sector que se vería beneficiado es la población de adultos mayores. Según cifras del Inegi, el porcentaje de adultos mayores se ha incrementado en el último lustro. En 2010, las personas de 65 años o más representaba 6.2% del total de la población, mientras que en 2015 la cifra subió a 7.2%.[4] La tendencia indica una disminución en la población joven y un aumento en la de adultos mayores, haciendo más necesaria la oferta de transporte seguro y económico. La introducción de autos inteligentes en este país sería una medida razonable de inclusión, ya que un servicio de transporte inteligente permitiría nuevos esquemas donde

[4] Encuesta Intercensal 2015, Inegi. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/encuestas/hogares/especiales/ei2015/>.

el usuario no se ve obligado a adquirir la unidad, pero puede utilizarla como propia. El auto inteligente podría tener su mayor impacto, precisamente, en este sector de la población.

El transportar de los hijos, la libertad de los padres

Un auto autónomo puede transportar menores de edad que no cuentan con licencia de conducir o, simplemente, son incapaces de manejar un vehículo. En México, alrededor de un tercio de la población total tiene una edad menor a los 17 años (alrededor de 40 millones de personas en 2014) (Inegi, 2015). Algunos de ellos dependen de un adulto para ser transportados a sus actividades (escuela, actividades extraescolares y sociales), limitando su disposición para atender eventos en un horario en el que sus padres o tutores no se encuentran disponibles para acompañarlos en transporte público o conducir el auto para trasladarlos. De acuerdo con un estudio de la compañía Goodyear,[5] los padres habrían conducido casi 44,000 km llevando a sus hijos a la escuela y trayéndolos de regreso a casa. ¿Qué pasará cuando los padres tengan la libertad de utilizar ese tiempo en otra cosa? ¿Habrá implicaciones en la crianza y relación con los hijos al no pasar ese tiempo juntos? Las implicaciones pueden llegar a tener repercusiones inesperadas en nuestra sociedad.

Reducción en el número de automóviles en circulación

La introducción de vehículos autónomos podría hacer de la necesidad de tener varios autos en una familia cosa del pasado, ya que una unidad podría transportar a todos los miembros de una vivienda a diferentes destinos en distintos horarios sin necesidad de un conductor. La reducción del número de vehículos en las calles evitaría los congestionamientos que redundan en un mayor tiempo entre traslados y un flujo vehicular lento, un problema presente en las principales ciudades del mundo, como la Ciudad de México. En el resto del planeta, los beneficios serían similares, sobre todo en las comunidades donde el territorio y características del área urbana no permiten una ampliación de las vías existentes o la creación de nuevas autopistas, como es el caso de Europa.

[5] Mum and dad's taxi service: Parents drive 27,000 miles ferrying their children around. <http://www.dailymail.co.uk/femail/article-2646071/Mum-dads-taxi-service-Parents-drive-27-000-miles-ferrying-children-around.html>, 2 de junio de 2014, accesado en septiembre de 2016.

De acuerdo con la visión de *Google*, los autos inteligentes harán que el concepto de auto compartido sea una realidad, disminuyendo el número de vehículos en la ciudad y el aumento de las horas productivas de los hoy conductores. Como se indica en el índice de tráfico de Tom Tom, en 2014, una persona en la Ciudad de México realizaba un viaje de 30 minutos con poco tráfico, mientras que cuando el tráfico se incrementaba, el mismo viaje lo finalizaba en 59 minutos, perdiendo casi media hora debido a la congestión vehicular, esto es, la duración de su traslado aumentaba al doble.

El índice Tom Tom indica que los traslados en auto representan en promedio 110 horas desperdiciadas en las calles cada año. Las tasas de ocupación para las vías de la Ciudad de México alcanzan 87% de la mañana y hasta 103% durante las tardes (Tom Tom, 2015), causando congestionamientos y una baja en la velocidad de los vehículos, aumentando el tiempo entre traslados. El comportamiento del tráfico es similar en otras ciudades en el resto del país y el mundo.

Accidentes

Según la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2010), más de un millón 240 mil personas mueren cada año a nivel mundial debido a los accidentes de tráfico. En Estados Unidos, alrededor de 32,000 muertes al año se producen en relación con accidentes de automóvil, una tasa de 10.3 muertes por cada 100,000 habitantes (IIHS, 2014). En México, el número fue de cerca de 16,500 muertes por año en 2014; alcanzó una tasa de 14.3 muertes por cada 100,000 habitantes (México Maxico, 2014). La reducción de estos números en 10% representaría un cambio significativo en el número de vidas salvadas, así como una notoria disminución de las pérdidas económicas y materiales. Por eso, una de las más grandes apuestas de los vehículos autónomos es la reducción de accidentes. *Google* tiene la intención de reducir las muertes accidentales hasta en 50% con la introducción de un auto de conducción totalmente autónoma (*Google Blog*, 2010), y es que los vehículos que circulan ya en autopilot en Estados Unidos han demostrado ser más seguros que un auto conducido por un humano.

En México, la flota de vehículos se ha cuadruplicado; creció desde 6.5 millones de autos en 1990 para llegar a 25.2 millones en 2014 (Inegi, 2015). Parte de ese crecimiento se debe a la necesidad de tener varios automóviles en un hogar. Un vehículo autónomo en una familia podría satisfacer las necesidades de transporte dentro de la ciudad, pues transportaría a los miembros de la familia como un taxi personal. Esto podría reducir el número de vehículos en la ciudad, mientras que libra a los padres de la ocupación de conducir a sus hijos a diferentes

actividades durante el día, permitiendo que los hijos puedan tener su propio horario sin la dependencia de la disponibilidad de los padres.

Lo anterior permite suponer que la industria automotriz deberá prepararse para una disminución en la venta de sus unidades, pues un auto autónomo pudiera cubrir los requerimientos de traslado de toda una familia o empresa, disminuyendo la necesidad de adquirir varios vehículos.

Revolución del transporte público

El transporte público representa un reto tanto en países desarrollados como en las economías emergentes. Hasta el momento, la idea de transporte público ha implicado la presencia de un vehículo con rutas y paradas fijas, que requiere que los usuarios que caminen desde su lugar de partida hasta puntos determinados esperen muchas veces a la intemperie, exponiéndose a temperaturas extremas y mal tiempo, así como a la criminalidad o accidentes durante el trayecto a la parada o mientras esperan su transporte. El contar con un vehículo inteligente haría posible la creación de un nuevo tipo de transporte público con rutas dinámicas que se ajusten a la demanda de los usuarios a modo de taxi comunitario, donde el camión reciba las solicitudes por medio de una aplicación similar a la utilizada actualmente por Uber,[6] y de acuerdo con las ubicaciones de los usuarios y sus destinos calcule la ruta óptima. La adopción de estos modelos de transporte podría reducir los atracos en autobuses, pues los usuarios estarían plenamente identificados al disponer de unidades con sistemas de identificación biométrica y rutas monitoreadas en tiempo real. El pago por el servicio se haría de manera electrónica y la tarifa pudiera ajustarse a la distancia recorrida, haciendo más justo el pago del servicio. Para evitar la exclusión de personas que no cuenten con celular, pudieran desarrollarse dispositivos dedicados a esa función, con un costo más bajo que pudiera otorgarse por parte de las compañías o programas de gobierno.

Al no contar con choferes, no habría necesidad de sindicatos, pago de horas extras ni horarios. Un camión inteligente podría circular las 24 horas del día, moviéndose sólo cuando sea requerido. La discusión del recurso humano y su afectación con la llegada del auto inteligente, sin embargo, no ha sido explorada, pero podemos esperar el mismo comportamiento que con la Revolución Industrial y los procesos de automatización que continuamente se adoptan en distintas áreas de trabajo. Con la menor demanda de choferes vendrán nuevas demandas

[6] Uber es una empresa internacional que proporciona a sus clientes una red de transporte privado, a través de su software de aplicación móvil que conecta los pasajeros con los conductores de vehículos registrados en su servicio, los cuales ofrecen un servicio de transporte a particulares (*Wikipedia*, 2016).

en nuevas tareas, lo que exigirá una preparación extra y nueva visión para aquellos que quieran seguir activos en este sector.

El cofundador de *Google*, Sergey Brin, ha manifestado estar muy emocionado de poder hacer algo para cambiar el mundo con el proyecto de autos inteligentes que se conducen solos. Brin sugiere que la idea de hacer autos sin controles es para proporcionar "robo-taxis" o taxis-robots que no necesiten operador y así reducir los costos de operación y proporcionar servicio en aquellas áreas que no están densamente pobladas. Sergey Brin no ha confirmado aún si *Google* fabricará y operará los taxis, más bien estableció que trabajarán en conjunto con otras empresas (*The Verge*, 2014a).

Figura 9

El prototipo de taxi-robot de *Google* es un auto eléctrico de dos plazas, el cual no cuenta con controles manuales. En el techo se puede observar una unidad de LIDAR para sensar 360 grados alrededor del automóvil.
Fuente: cortesía de *Google*.

Otra compañía que está pronosticando un futuro de taxis que se conduzcan solos es Uber. Su director ejecutivo, Travis Kalanick, mencionó en la Code Conference que le emociona pensar en una flotilla de autos sin conductor, lo que convertirá el ser dueño de un automóvil en algo extraño:

> La razón por la cual el servicio de Uber es caro es porque no sólo se paga por el auto, sino que también estás pagando por el conductor del automóvil… Cuando no hay conductor en el carro, el costo de tomar un auto Uber en cualquier lado se vuelve más barato que tener la propiedad de un auto. Básicamente, bajas el costo de propiedad del automóvil para todos, haciendo redundante el ser dueño de un auto (*The Verge*, 2014b).

En una carta pública, Elon Musk, director ejecutivo de Tesla, estableció que los autos fabricados por su compañía podrían ser utilizados de forma privada y de forma comercial, proporcionando servicio de taxi mientras su dueño no lo esté utilizando. Musk también anunció en el mismo documento la introducción de un vehículo autónomo de transporte público, el cual dará servicio en una ruta semifija y que puede desviarse para recoger personas y trasladarlas directamente a sus destinos (Tesla, 2016).

El dilema ético

Ante la realidad de tener a una máquina que supla a un humano al volante surge la pregunta: ¿es una computadora capaz de diferenciar entre el bien y el mal? Actualmente, no lo es; sin embargo, hay proyectos ambiciosos que requerirán que los robots o computadoras sean capaces de tomar una decisión de acuerdo con la moral y la ética. Por ejemplo, en el caso del carro inteligente de *Google*, ¿cómo decidir si lo mejor es evitar una colisión con un auto que trae un bebé y chocar contra un poste, o caer por un barranco en lugar de chocar contra una motocicleta? ¿Cuál vida vale más, la del conductor o la del niño que va cruzando la calle? ¿Es ético que la compañía de autos asegure la vida del cliente por encima de la de los demás? Un punto que paraliza al gobierno de Estados Unidos para tener robots soldados autónomos es, precisamente, la falta de moral para diferenciar entre el deber y lo correcto, que no siempre es lo mismo. Aunque hay avances en el aprendizaje de tareas dedicadas a máquinas (manejar un carro, aspirar, doblar ropa), aún estamos muy lejos de tener una máquina capaz de discernir. Si se da un aprendizaje de la moral, será con base en el conocimiento aportado por el hombre, lo que requerirá la definición de reglas claras y muchos casos para tomar como ejemplo. Aún así, en la evaluación de cada caso nuevo entran en juego muchos factores.

Así como se reconoce que los errores humanos, al momento de conducir, son inevitables, el reconocimiento de los márgenes de error en el desarrollo del auto inteligente es un hecho incuestionable, aunque todo parece indicar que el tiempo y la tecnología pueden aminorar esa diferencia. La ventaja es que las

máquinas no tienen el "inconveniente" de las emociones, que a veces nublan el juicio a la hora de tomar una decisión, ni el número de distractores como los tiene un humano. Además, las principales causas de accidentes como el exceso de velocidad, no respetar las señales de tránsito o el conducir ebrio quedarían fuera del escenario en una comunidad donde el auto inteligente se adopte como el principal medio de transporte.

Conclusiones

Los autos que se conducen automáticamente están en su fase de prueba, algunos circulan ya por las calles de Estados Unidos, lo que ha empujado a gobiernos a preparar el entorno legal con modificaciones acordes a esta nueva era. En teoría, un auto que se conduce solo deberá ser más seguro y más eficiente que uno conducido por un humano. Los autos autónomos en desarrollo utilizan un tren motriz basado en energía eléctrica, como los Tesla y los prototipos de taxis-robot de *Google*. Esta tendencia exige infraestructura que permita la recarga de vehículos en cualquier lugar del país, en cualquier ciudad o comunidad.

La adquisición de un auto inteligente podría solventar la demanda de transporte de toda una familia, reduciendo la necesidad de tener varios vehículos en una misma casa y contribuyendo a una reducción en el número de vehículos circulando en las comunidades. Otra forma de reducir el número de autos en una ciudad es fomentar el servicio de taxis o autobuses automatizados, que proveerán transporte público con la conveniencia del transporte privado.

En un escenario ideal, donde no hay limitantes de infraestructura y todos los autos se conducen de modo automático, no habrá necesidad de señalización, semáforos, señales de alto, pues los autos podrán comunicarse entre sí para ajustar sus velocidades y calcular de manera precisa los avances en las intersecciones. Tampoco habría congestionamientos, pues la alerta oportuna a los demás autos que están por llegar a un punto donde el tráfico está paralizado ayudará a trazar rutas alternas y los autos que ya se encuentran varados podrían organizarse para despejar la vía. Cada auto trabajará como una entidad, pero a la vez, como parte de un todo, haciendo del tráfico una entidad compleja, dinámica y eficiente.

Para los gobiernos, la recaudación de recursos por medio de las multas sería cosa del pasado, así como los juicios por accidentes, pues en caso de suscitarse un percance, los registros de los autos involucrados dejarían claro cómo ocurrieron las cosas. En el caso del servicio de transporte público, las cosas cambiarían drásticamente, la ausencia de personal en un servicio continuo y flexible permitirían una movilidad durante las altas horas de la noche, lo cual traería implicaciones

de diversa índole, como la necesidad de mayor vigilancia, extender negocios de atención al público, entre otros. Por otro lado, el vacío laboral tendría una consecuencia en la población. ¿Qué opciones tendrán los transportistas que sean suplidos por vehículos inteligentes? ¿Qué implicará no tener sindicatos de trabajadores del transporte público? ¿Serán necesarias las concesiones? ¿Podría el gobierno hacerse cargo por completo del transporte? Sin duda, se requerirán nuevos esquemas para alojar a la nueva tecnología y los cambios que se avecinan.

Aun cuando no se tiene una fecha de introducción de los autos inteligentes a México, podemos esperar que éstos lleguen en la segunda década de este siglo, por lo que vale la pena debatir sobre legislaciones acorde a las necesidades que con ellos vendrán, como la figura del conductor automático, responsabilidades en caso de accidentes, concesiones a transportistas, entre otros. Las repercusiones a todos los niveles tendrán que ser previstas con anticipación por el gobierno y la ciudadanía para tomar acciones y prepararse para los grandes cambios.

Bibliografía

Anderson, J. E. (1996), "Some Lessons from the History of Personal Rapid Transit (PRT)", disponible en: <http://faculty.washington.edu/jbs/itrans/history.htm>, consultado en diciembre de 2013.

Beucher, S., M. Bilodeau y X. Yu (1990), "Road Segmentation by Watershed Algorithms", PROMETHEUS Workshop, Sophia Antipolis, Francia, disponible en: <http://cmm.ensmp.fr/~beucher/prom_sta.html>.

Brackstone, Mark y Mike McDonald (1999), "Car-following: A Historical Review", *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour,* vol. 2, núm. 4, diciembre, pp. 181-196, disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/S1369-8478(00)00005-X>, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136984780000005X>.

Broggi, A., M. Bertozzi y A. I. Fasciol (2000), "Architectural Issues on Vision-Based Automatic Vehicle Guidance: The Experience of the ARGO Project", *Real-Time Imaging*, vol. 6, núm. 4, agosto, pp. 313-324, disponible en: <http://dx.doi.org/10.1006/rtim.1999.0191>, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1077201499901912>.

Broggi, A., M. Bertozzi, A. Fascioli y G. Conte (1999), *The Experience of the ARGO Autonomous Vehicle*, mayo, pp. 34-35.

Center for Internet Society (2014), *Automated Driving: Legislative and Regulatory Action*, disponible en: <http://cyberlaw.stanford.edu/wiki/index.php/Automated_Driving:_Legislative_and_Regulatory_Action>, consultado en noviembre de 2014.

CMU (2007), *Staszel Robot Hall of Fame, 2007*, disponible en: <http://www.cs.cmu.edu/~staszel/stuff/robothalloffame2007/Navlab5/>, consultado en agosto de 2016.

CNET (2011), *Electronic Stability Control Now Compulsory on New EU Cars*, noviembre, disponible en: <http://www.cnet.com/news/electronic-stability-control-now-compulsory-on-new-eu-cars/>, consultado en octubre de 2014.

CNN (2003), *Toyota Unveils Car that Parks Itself*, septiembre, disponible en: <http://www.cnn.com/2003/TECH/ptech/09/01/toyota.prius.reut/index.html>, consultado en octubre de 2014.

DGC (DARPA Grand Challenge) (2004), disponible en: <http://archive.darpa.mil/grandchallenge04/schedule.html>, consultado en diciembre de 2013.

DGC (DARPA Grand Challenge) (2005), disponible en: <http://archive.darpa.mil/grandchallenge05/gcorg/index.html>, consultado en septiembre de 2014.

Dickmanns, E. D. (2007), *Dynamic Vision for Perception and Control of Motion*, Secaucus, NJ, Springer-Verlag New York.

DRIVE C2X, disponible en: <http://www.drive-c2x.eu/technology>, consultado en diciembre de 2013.

DUC (DARPA Urban Challenge) (2007), disponible en: <http://archive.darpa.mil/grandchallenge/>, consultado en septiembre de 2014.

Extreme Tech (2013), *2014 Lexus IS Hands-on Review*, junio, 2013, disponible en: <http://www.extremetech.com/extreme/157099-2014-lexus-is-hands-on-review-500-adaptive-cruise-handling-to-match-the-bmw-3-series>, consultado en octubre de 2014.

Ford Media (2013), *Model T Facts*, agosto, disponible en: <https://media.ford.com/content/fordmedia/fna/us/en/news/2013/08/05/model-t-facts.html>, consultado en diciembre de 2013.

Fortune (2014), *Want a Self-driving Car? Look on the Driveway*, disponible en: <http://fortune.com/2014/12/06/autonomous-vehicle-revolution/>, consultado en diciembre de 2014.

Google Blog (2016), *Google Self-Driving Car Project Monthly Report*, julio, disponible en: <https://static.googleusercontent.com/media/www.google.com/en//selfdrivingcar/files/reports/report-0716.pdf>, consultado en agosto de 2016.

Google Blog (2010), *What we are Driving at*, octubre, disponible en: <http://googleblog.blogspot.mx/2010/10/what-were-driving-at.html>, consultado en octubre de 2014.

IIHS (2014), General Statistics, disponible en: <http://www.iihs.org/iihs/topics/t/general-statistics/fatalityfacts/state-by-state-overview>, consultado en agosto de 2016.

Inegi, *México en Cifras*, disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx>, consultado en diciembre de 2015.

Inegi (2010), *Censo de Población y Vivienda 2010,* Cuestionario ampliado, disponible en: <http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/discapacidad.aspx?tema=P>, consultado en diciembre de 2015.

Inegi (2015), *Estadísticas a propósito del día del niño*, disponible en: <http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/aproposito/2015/ni%C3%B1o0.pdf>, consultado en diciembre de 2015.

Inegi (2016), *Vehículos de motor registrados en circulación*, disponible en: <http://www.inegi.org.mx/est/lista_cubos/consulta.aspx?p=adm&c=8>, consultado en mayo de 2016.

International Organization of Motor Vehicle Manufacturers, disponible en: <http://www.oica.net/category/vehicles-in-use/>, consultado en agosto de 2016.

Jochem, T., D. Pomerleau, B. Kumar y J. Armstrong (1995), "PANS: a Portable Navigation Platform", *Intelligent Vehicles '95 Symposium, Proceedings of the*, septiembre, IEEE, pp. 107-112.

Markoff, John (2010), "Google Cars Drive Themselves, in Traffic", disponible en: <http://www.flagarts.com/faculty-staff/Robert-Woodruff/documents/typing2.pdf>, consultado en octubre de 2014.

México Maxico (2014), "México, principales causas de mortalidad 1938-2014", disponible en: <http://www.mexicomaxico.org/Voto/MortalidadCausas.htm>, consultado en agosto de 2016.

Mitsubishi (1998), *Mitsubishi Motors Develops "New Driver Support System"*, diciembre, disponible en: <http://www.mitsubishi-motors.com/en/corporate/pressrelease/corporate/detail429.html>, consultado en octubre de 2014.

My Car Quest (2015), *The Self-Driving Car is almost Here*, disponible en: <http://mycarquest.com/2015/06/the-self-driving-car-is-almost-here-part-2.html>, junio, consultado en agosto de 2016.

New York Public Library, updated March 2009, disponible en: <http://digitalgallery.nypl.org/nypldigital/id?1674385>, consultado en octubre de 2014.

New York Public Library, updated March 2011, disponible en: <http://digitalgallery.nypl.org/nypldigital/id?1674273>, consultado en octubre de 2014.

NHTSA (2013), Policy on Automated Vehicle Development, mayo, disponible en: <http://www.nhtsa.gov/About+NHTSA/Press+Releases/U.S.+Department+of+Transportation+Releases+Policy+on+Automated+Vehicle+Development>, consultado en octubre de 2014.

Novak, M. (2013), NAHS, mayo, disponible en: <http://www.smithsonianmag.com/history/the-national-automated-highway-system-that-almost-was-63027245/>, consultado en diciembre de 2013.

Özgüner, U., T. Acarman, K. Redmill (2011), *Autonomous Ground Vehicles*, Artech House Intelligent Transportation Systems Library, pág. 4.

PCMag (2012), *California Governor Signs Self-Driving Car Bill Into Law*, 25 de septiembre, disponible en: <http://www.pcmag.com/article2/0,2817,2410180,00.asp>, consultado en noviembre de 2014.

Pomerlau, D. (1995), *No Hands across America*, disponible en: <http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/usr/tjochem/www/nhaa/nhaa_home_page.html>, consultado en diciembre de 2013.

Prometheus, Eureka Network, disponible en: <http://www.eurekanetwork.org/project/-/id/45>, consultado en diciembre de 2013.

Reichardt, D. (1995), "A Real-time Approach to Traffic Situation Representation from Image Processing Data", *Intelligent Vehicles '95 Symposium, Proceedings of the*, 25-26 de septiembre, pp. 500, 505, disponible en: <http://dx.doi.org/10.1109/IVS.1995.528332>.

SAE International (2016), "Ford scores greater autonomous capability with new Velodyne Ultra Puck LiDAR", enero, disponible en: <http://articles.sae.org/14550/>, consultado en agost de 2016.

San José Mercury News (2014), *Tesla D unveiled: All-wheel-drive version of Model S has autopilot features*, octubre, disponible en: <http://www.mercurynews.com/2014/10/09/2014-tesla-d-unveiled-all-wheel-drive-version-of-model-s-has-autopilot-features/>, consultado en octubre de 2014.

Selfdriving test (2014), "How Google Autonomous car passed the first US state selfdriving test, IEEE Spectrum", disponible en: <http://spectrum.ieee.org/transportation/advanced-cars/how-googles-autonomous-car-passed-the-first-us-state-selfdriving-test>, consultado en octubre de 2014.

Shoup, Donald C. (2006), "Cruising for parking", *Transport Policy 13*, núm. 6, pp. 479-486.

Tech Insider (2015), "Elon Musk says Tesla's fully autonomous cars will hit the road in 3 years", septiembre, disponible en: <http://www.techinsider.io/elon-musk-on-teslas-autonomous-cars-2015-9>, consultado en agosto de 2016.

Tesla (2016), *Tesla Master Plan, Part deux*, julio, disponible en: <https://www.tesla.com/blog/master-plan-part-deux?redirect=no>, consultado en agosto de 2016.

The Atlantic (2014), "The Trick that Makes Google's Self Driving Cars Work", mayo, disponible en: <http://www.theatlantic.com/technology/print/2014/05/all-the-world-a-track-the-trick-that-makes-googles-self-driving-cars-work/370871/>, consultado en octubre de 2014.

The Tartan (2005), "Red Team Falls to its own Offspring", octubre, disponible en: <http://thetartan.org/2005/10/10/scitech/redteam>, consultado en octubre de 2014.

The Verge (2014a), "Google made a Self-driving Car, and it doesn't have a Steering Wheel", 14 de mayo, disponible en: <http://www.theverge.com/2014/5/27/5756436/this-is-googles-own-self-driving-car>, consultado en noviembre de 2014.

The Verge (2014b), "Uber will Eventually Replace all its Drivers with Self-driving Cars", 28 de mayo, disponible en: <http://www.theverge.com/2014/5/28/5758734/uber-will-eventually-replace-all-its-drivers-with-self-driving-cars/in/552335>, consultado en noviembre de 2014.

Thomanek, F., E. D. Dickmanns (1996), "Autonomous road vehicle guidance in normal traffic", en S. Z. Li, D. P. Mital, E. K. Teoh, H. Wang (eds.), *Recent Developments in Computer Vision*, Lecture Notes in Computer Science, vol. 1035, Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 499-507, disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/3-540-60793-5_103>.

Thrun, Sebastian (2014), Curriculum Vitae, disponible en: <http://robots.stanford.edu/cv.pdf> consultado en octubre de 2014.

Tom Tom (2015), "World Traffic Index", disponible en: <http://www.tomtom.com/en_gb/trafficindex/#/city/MEX>, consultado en mayo de 2016.

Transportation Research Board (1998), *National Automated Highway System Research Program: A Review —Special Report 253*, Washington, D. C., The National Academies Press, disponible en: <http://dx.doi.org/10.17226/11388>.

U. S. Bureau of Transportation Statistics, disponible en: <https://www.rita.dot.gov/bts/sites/rita.dot.gov.bts/files/publications/national_transportation_statistics/html/table_01_11.html>, consultado en agosto de 2016.

USA Today (2012a), "Google Discloses Costs of its Driverless Car Tests", junio, disponible en: <http://content.usatoday.com/communities/driveon/post/2012/06/google-discloses-costs-of-its-driverless-car-tests/1#.VDIglahdWFP>, consultado en octubre de 2014.

USA Today (2012b), "Which Cars Park Themselves Best? Challenge Results", diciembre, disponible en: <http://www.usatoday.com/story/money/cars/2012/12/06/self-parking-cars-challenge/1743199/>, consultado en octubre de 2014.

Volvo (2016), "XC90 Safety Features", disponible en: <http://www.volvocars.com/us/cars/new-models/xc90/safety>, consultado en agosto de 2016.

Waugh, R. (2013), julio, disponible en: <http://uk.news.yahoo.com/how-the-first--driverless-car--was-invented-in-britain-in-1960-093127757.html#7dsFfzX>, consultado en diciembre de 2013.

Wheels (2011), "Electronic Stability Control Now Mandatory", septiembre, disponible en: <http://www.wheels.ca/electronic-stability-control-now-mandatory/>, consultado en octubre de 2014.

WHO (2010), "Road Traffic Deaths", disponible en: <http://www.who.int/gho/road_safety/mortality/en/>, consultado en diciembre de 2015.

Wired.com (2014), "The Model D Is Tesla's Most Powerful Car Ever, Plus Autopilot", octubre, disponible en: <http://www.wired.com/2014/10/tesla-reveals-details-big-model-d-announcement/>, consultado en octubre de 2014.

Segunda parte
Progresión y límites de los sistemas de calidad e innovación automotriz en la era del conocimiento

Capítulo 5
Fallas de calidad en empresas automotrices y su relación con los sistemas de manufactura

Ricardo Melgoza Ramos[1]

Introducción

De acuerdo con la Organización Internacional de Fabricantes de Automóviles (OICA, por sus siglas en inglés), en 2015 se fabricaron 90'780,583 vehículos en el mundo. China fue el líder al fabricar 24,503,326, seguido por Estados Unidos con 12'100,095 y Japón con 9'278,238. Esto refleja la importancia que tiene la industria automotriz como motor de la dinámica económica en el mundo.

Fabricar un vehículo es un ejercicio complicado que requiere coordinar amplios esfuerzos que inician desde el diseño, la selección de materiales, componentes, piezas, insumos y numerosas partes que, a pesar de ser fabricadas de manera independiente, deben coincidir y ensamblarse con precisión milimétrica. Para garantizar que el vehículo funcione de la mejor manera y bajo principios elevados de calidad, se desarrollan dispositivos tecnológicos novedosos e innovadores y se seleccionan a los mejores fabricantes de partes de distinto nivel, integrados a lo largo de la cadena productiva, lo que concluye con la realización de pruebas de calidad y evaluaciones permanentes para detectar errores y defectos.

Ante la complejidad que resulta de la fabricación del automóvil, la posibilidad de que algunos de los componentes fallen es elevada, para lo cual se instrumentan mecanismos de control que impidan o minimicen errores y que ponga en riesgo la estabilidad del automotor, la calidad, el prestigio de la firma y, fundamentalmente, la vida de los usuarios.

Uno de los mecanismos para prevenir o evitar dichos errores es el sistema de calidad QS/TS 16949, que permite a los proveedores y fabricantes de esta industria establecer un sistema de supervisión orientado a cumplir con las especificaciones de calidad que exigen los estándares de la industria automotriz. De hecho,

[1] Correo electrónico: <rmelgoza@uacj.mx>.

establecer sistemas de calidad en todos los procesos de diseño y de manufactura es un requisito indispensable para los fabricantes de autopartes, ya sea de primer, segundo o tercer niveles, por lo que, actualmente, la mayoría de los integrantes de la cadena de suministros tiene implementados estos sistemas.

Esta investigación presenta un análisis acerca de los errores recurrentes de calidad masivos (*recalls*), que han ido en aumento en las principales marcas ensambladoras de vehículos durante los años recientes. Se analiza si se trata de errores de diseño o de fallas en el proceso de manufactura, atribuibles a los proveedores de los diferentes niveles Tier 1 y Tier 2 o a las propias ensambladoras. Se efectúa un recuento de los defectos automotrices de calidad de los últimos diez años y las causas que han provocado que las ensambladoras llamen a revisión a los vehículos para modificar los componentes originales con las consecuencias que esto genera en la imagen de la marca. Asimismo, se revisa si existe alguna correlación entre el desempeño financiero de las principales armadoras y las fallas de calidad masiva que se han presentado en la última década. Finalmente, se hace una revisión de los diferentes procesos de certificación de calidad en las plantas automotrices y de los diferentes integrantes de la cadena de suministros, así como de los sistemas de calidad implementados en estas empresas para poder cuantificar la dimensión del problema y determinar si los defectos aparecen en el proceso de manufactura o se encuentran en el diseño de la parte o la pieza que ha provocado el derrame de calidad en la planta ensambladora.

El problema

De acuerdo con el sitio *statistic.com*, General Motors llamó a revisión a 29.6 millones de vehículos entre enero y agosto de 2014. En septiembre de ese mismo año se confirmó otro llamado a revisión de autos de la marca Cadillac y los Impala de la marca Chevrolet, los cuales habían estado vinculados a un riesgo de incendio en el sistema de encendido. El fabricante de automóviles más grande de América del Norte es quien ha registrado el número más alto de llamados a revisión (*recalls*) de vehículos entre enero y septiembre de 2014, cifra que se estima en más de dos millones de automóviles tan sólo del Chevy Cobalt, que ha estado vinculado a un alto número de accidentes y, al menos, a 13 muertes entre 2005 y 2014.

Algunas de las fallas automotrices son simples errores de manufactura imperceptibles de una pieza o de un sistema que no tiene grandes repercusiones en la seguridad del automovilista, sin embargo, hay otras que afectan el funcionamiento del vehículo e incluso provocan accidentes que pueden dañar la salud de los pasajeros o, en ocasiones, provocar la muerte de alguno o de todos ellos. Este

escenario conlleva varias interrogantes que han recibido escaso tratamiento por parte del medio académico, pero que pueden ser pertinentes para el análisis del sector automotriz. En particular: ¿qué dimensión alcanza el problema de las fallas automotrices?, ¿han ido en aumento realmente en relación con los problemas de calidad del pasado?, ¿cuáles son las marcas que más problemas han generado?, ¿qué tipo de sistemas de calidad se tienen implementados en la industria automotriz que se supone deberían asegurar que las partes automotrices y los vehículos se produzcan sin errores? De acuerdo con el sitio *Statisticsbrain* (2011), las fallas automotrices que se han generado son las siguientes:

Tabla 1. Fallas automotrices donde hubo muertos o heridos reportados en Estados Unidos

Recalls Where Deaths or Injuries Were Reported						
Model year	*Company*	*Reason*	*Recalled*	*Deaths*	*Injuries*	*Accidents*
2010	GM	Engine Fires	1.5 million			14
2009	Toyota	Power Steering Failure	8.5 million	16	243	2
2000	Bridgestone	Faulty Tires	6.5 million	271	600	
95-10	Ford	Electric Switch Fires	14.3 million	11	31	
1998	GM	Airbags Randomly Deploy	1 million			
1995	Multiple	Faulty Seat Belts	8.9 million		90	
1981	GM	Loose Suspension Belts	5.8 million			
1980	Ford	Transmission Slips Into Reverse		98	1,710	6,000
1978	Ford	Pinto Transmission and Engine Fires		54		

Fuente: *Statisticbrain.com* (2011).

Hasta el año 2011, como se puede observar en la tabla anterior, se habían presentado fallas automotrices que provocaron un llamado a revisión de las unidades.[2] El caso más trágico, y mediáticamente impactante, fue el de Bridgestone-Firestone y Ford, que provocó 271 muertes y más de 600 personas heridas en

[2] Esta información es concerniente solamente a Estados Unidos de Norteamérica, no incluye la información de otros países.

el año 1998. Ford Motor Co. comenzó a recibir llamadas de fallas en su camioneta utilitaria (SUV, por sus siglas en inglés) Explorer, procedentes de Venezuela, Arabia Saudita y Malasia, pero fue hasta el año 2000 que el problema alcanzó niveles mundiales nunca vistos (Moll, 2003). Las volcaduras frecuentes de la camioneta orilló a Ford a llamar a más de un millón de vehículos a revisión y a 6.5 millones de cambio de llantas. El daño económico para Ford fue millonario, además de que su imagen se vio deteriorada y perdió el segundo lugar en producción de vehículos frente a Toyota, lugar que había mantenido por décadas.

Sin embargo, no fue la primera vez que Ford se ha visto envuelto en un problema de este tipo, ya que a finales de la década de los setenta y en los ochenta, la empresa se involucró en serios problemas, primero, por fallas en la transmisión y el motor de su modelo Pinto, lo que produjo 54 muertes sin que se haya hecho un llamado a revisión de los vehículos. Un segundo caso fue por fallas en la reversa de la transmisión de algunos de sus automóviles, que provocaron 98 muertes, 1,710 personas heridas y más de 6,000 accidentes.

A finales de la década de los noventa, nuevamente Ford Motor Company se involucró en la muerte de 11 personas y 31 heridos, por fallas en uno de los interruptores de ignición del vehículo que provocaba que éste se incendiara; en tal caso sí se llamó a revisión a más de 14 millones de vehículos, muy probablemente porque el número de demandas comenzó a elevarse rápidamente.

Asimismo, la empresa Toyota, durante 2009, tuvo que solicitar la revisión de 8.5 millones de automóviles debido a que la dirección hidráulica en uno de sus modelos presentaba fallas que se tradujeron en 16 muertes y 243 heridos, además de numerosos accidentes. General Motors también fue protagonista de diversos problemas en sus automóviles, sólo que éstos no tuvieron el impacto en muertes y heridos como los tuvo Ford. En 1998 llamó a revisión a un millón de unidades debido a inconsistencias en las bolsas de aire que explotaban de manera aleatoria y sin justificación. En 2010, y luego de diez accidentes en donde no hubo lesionados, llamó a revisión a 1.5 millones de unidades.

Finalmente, y aunque no aparece en los registros estadísticos, a finales de 2014 se presentaron problemas en la bolsas de aire producidas por la empresa Takata, principalmente, en automóviles de la marca BMW y de la marca Honda, esta última, poseedora de acciones de esa empresa. El alcance de las fallas se calcula que fue de más de 13 millones de vehículos que fueron llamados a revisión, de acuerdo con el presidente de Honda, Takanobu Ito (2014), en entrevista con Nikkei y reproducida por *El Financiero* en México.

Cabe decir que todas las empresas tienen sistemas de calidad implementados en sus procesos de diseño y de manufactura; asimismo, es un requisito indispensable para todos los proveedores de la cadena de suministros estar certificados

bajo la norma TS 16949, antes denominada QS 9000, que es una variación de la norma de calidad ISO 9000. ¿Qué es entonces lo que está fallando? ¿Por qué ocurren estos problemas? ¿Es inevitable que se presenten fallas en los automóviles? ¿Se deberían de implementar nuevos sistemas de calidad que aseguren que los automóviles no incurran en fallas, de tal manera que no haya fatalidades que lamentar?

Algunos antecedentes

Los expertos del sector automotriz coinciden en que los vehículos actuales están mejor diseñados que antes, son más seguros y nunca habían sido de mayor calidad como en la actualidad. Aun así, los *recalls* siguen siendo una realidad persistente y costosa, las etiquetas de reparación pueden alcanzar un costo total de unas decenas de miles de millones de dólares cada año. También, al estropearse la maquinaria de la industria automotriz, se retrasan los recursos de los distribuidores, proveedores, ingenieros, abogados, reguladores y asesores políticos (Beene y Nelson, 2013).

Con varios casos de *recalls* que se anuncian cada mes, con frecuencia se produce el retiro de vehículos de motor en Estados Unidos. Los retiros se llevan a cabo para corregir los vehículos defectuosos. Una campaña de recuperación puede afectar desde un centenar de vehículos o decenas de millones de vehículos. El número de vehículos que están siendo retirados del mercado ha ido aumentando sustancialmente desde la década de 1960, especialmente en años recientes (Crow, 2015).

En el año 2004 se llevó cabo una investigación sobre el consumo de automóviles en varios países del mundo, que concluye que la calidad de fabricación influye de manera determinante en la decisión de compra del usuario; esto, como un segundo factor importante después del precio. Y es que el gran número de *recalls* de productos en el mercado y las demandas de la industria automotriz contribuyen en demostrar cómo los problemas de calidad que no son detectados y aquellos retrasos en la producción relacionados, pueden conducir a una enorme pérdida de beneficios y degradar el valor de marca de una empresa.

El costo y la escala de *recalls* requieren, por tanto, una comprensión más profunda de la forma de gestionar los incentivos para mejorar la calidad de múltiples socios de la cadena de suministro para asegurar un mejor rendimiento del producto. Los *recalls* son resultado de una falta de garantía de calidad en la fabricación y/o en los procesos de diseño de uno o varios socios de la cadena de

suministro, en donde se puede ver afectado un gran número de productos fabricados durante periodos prolongados.

Hoy en día, los esfuerzos de mejora de la calidad extendida adoptan diversas formas. Por ejemplo, los fabricantes de la industria automotriz están más dispuestos a involucrar a los proveedores durante el proceso de desarrollo de productos para asegurar la detección temprana y la eliminación de problemas de calidad (Kisiel, 2007, citado en Chao, Iravani y Savaskan, 2009). Además de las iniciativas de prevención, también se está convirtiendo en una práctica común entre los fabricantes el presentarle a los proveedores los acuerdos de reparto de costos de calidad para asegurar la responsabilidad sobre los problemas de calidad y para crear incentivos para la mejora de procesos (Balachandran y Radhakrishnan, 2005, citado en Chao, Iravani y Savaskan, 2009).

Autores comos Bates y colaboradores (2007) plantean dos cuestiones interesantes en su investigación sobre *recalls* en el contexto automotriz. La primera interrogante es: ¿cómo se relacionan las tasas de *recalls* con otras medidas de calidad del producto? A lo cual responden que las tasas de *recalls* representan una medida significativa del rendimiento corporativo que, a la vez, puede ser entendido como el examen de las condiciones ambientales y de los factores organizativos y de productos. La segunda interrogante es: ¿cómo se relacionan las tasas de *recalls* con otras medidas de calidad y eficiencia, tales como el desarrollo y la satisfacción del cliente? Con respecto de esta pregunta, señalan que, dado que el crecimiento continuo de incidentes de *recalls* tiene un significado estratégico para los fabricantes de automóviles, no se debe olvidar que también implica riesgo para el público en cuanto a la seguridad de los vehículos que adquieren. En este caso, las diferencias entre los fabricantes que son propensos a presentar casos de *recalls* deben investigarse más a fondo, teniendo en cuenta las diferencias en la gama de modelos, los volúmenes de producción y las prácticas de fabricación y de diseño, con el fin de establecer las causas fundamentales de este fenómeno tan interesante y potencialmente preocupante (Bates et al., 2007).

En el caso de las empresas japonesas, los *recalls* pueden ser especialmente perjudiciales, ya que tienen una buena reputación en la fabricación de vehículos de alta calidad. Acorde con los resultados arrojados por los modelos utilizados, según Rupp (2004), no se muestra evidencia de que los fabricantes japoneses experimenten pérdidas de buena voluntad y de mayor tamaño en comparación con sus homólogos estadounidenses.

Los productos pueden ser retirados del mercado por muchas razones, incluyendo un defecto introducido durante el proceso de fabricación. Una soldadura defectuosa encaminada a un *recall* es un ejemplo de un retiro relacionados con la fabricación. En 2004, el Ford Taurus fue llamado a revisión debido a que ciertos

vehículos equipados con asientos eléctricos ajustables podrían haber sido soldados inadecuadamente. En este ejemplo, los asientos obtenidos de un proveedor externo se han diseñado correctamente y funcionaban como deberían, pero la tarea de fabricación de instalarlos en el chasis de la línea de montaje se realizó de forma incorrecta. Otro caso puede ocurrir debido a la fabricación de un componente generado por el proveedor o problemas en el diseño de la cadena de suministro. Asimismo, el diseño de producto defectuoso es otra razón citada con frecuencia de retiradas de producto, sin embargo, las deficiencias productivas que la originan pueden no estar relacionadas con los *recalls* provocados por un problema de diseño (Shah et al., 2015).

Existen investigaciones como la de Tudón-Martínez y colaboradores (2016) que proponen el desarrollo de controladores tolerantes a fallas como complemento a los sistemas de calidad existente:

> Un controlador tolerante a fallas (FTC por sus siglas en inglés, Fault Tolerant Controller) está diseñado para mantener el desempeño deseado del sistema de control por un cierto periodo de tiempo ante la presencia de fallas, es decir, cuando una falla ha sido detectada y desplegada al conductor se asume que este puede continuar conduciendo con ayuda del FTC (Manzone et al., 2001). Existen dos grandes grupos de FTC (Zhang y Jiang, 2008): los sistemas pasivos cuya tolerancia a fallas es robusta y diseñada fuera de línea, y los sistemas activos que cuentan con un mecanismo de reconfiguración del algoritmo de control en forma automática (Tudón-Martinez et al., 2016: 56).

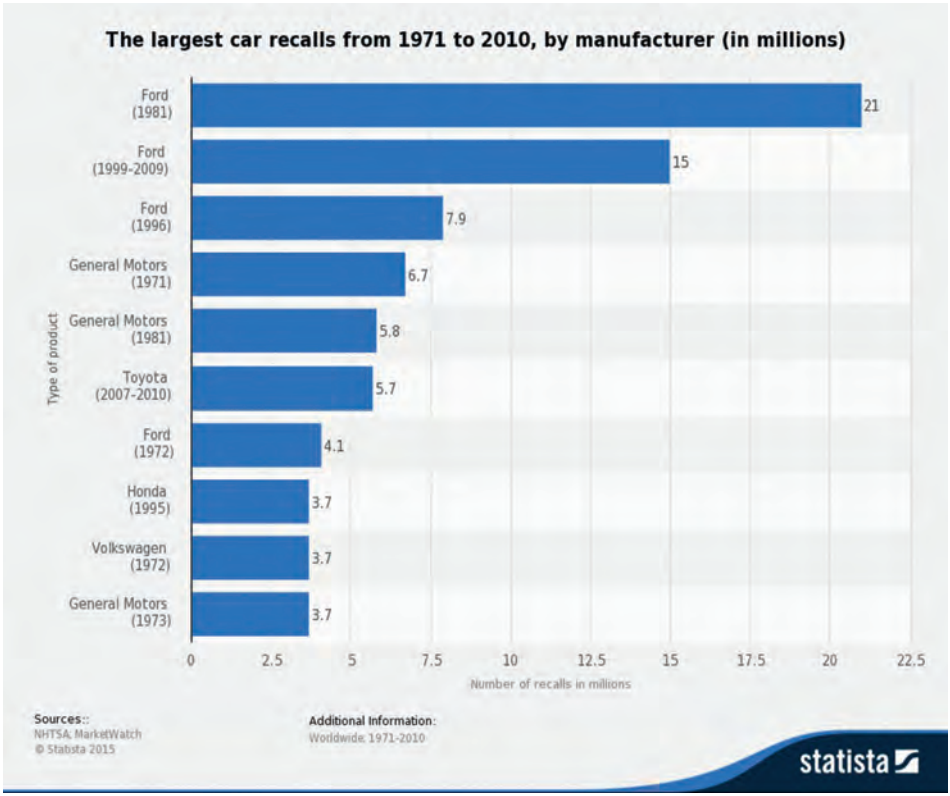
De acuerdo con las estadísticas, en los últimos cuarenta años las causas que pueden generar un llamado a revisión de los automóviles son las siguientes:

1. Error en el diseño del vehículo.
2. Error en el diseño de un componente.
3. Error en la fabricación del componente.
4. Error en la fabricación del automóvil.

La mayoría de los principales fabricantes de automóviles tiene fallas automotrices y resultaba inadecuado medir el desempeño de su calidad y seguridad considerando solamente el número de autos llamados para su revisión, ya que esto pone en desventaja a los grandes productores de vehículos, pues al producir y vender más unidades, la probabilidad de que algunos fallen era muy alta, por lo que se creó un indicador que permite establecer un análisis más justo de las fallas automotrices y de quienes tienen un mejor desempeño. Este indicador consiste en dividir el número de autos que han sido llamados a revisión por alguna falla del

automóvil, provocado por un componente o sistema defectuoso, entre el número de unidades vendidas en un lugar específico.

Gráfica 1. Las más grandes fallas automotrices de 1971 a 2010 por fabricante



Fuente: www.statita.com (2015).

En la tabla 2 se presenta un análisis realizado en Estados Unidos en el año 2015 que presenta las unidades llamadas a revisión desde 1985 a 2014 y su relación con los autos vendidos entre 1980 y 2013, la diferencia de años se debe a que las unidades tardan en presentar problemas después de algunos meses de funcionamiento. El resultado de la división nos indica el porcentaje de autos revisados del total de los autos vendidos; la razón de autos revisados muestra el desempeño de cada fabricante automotriz en los últimos treinta años en Estados Unidos de Norteamérica.

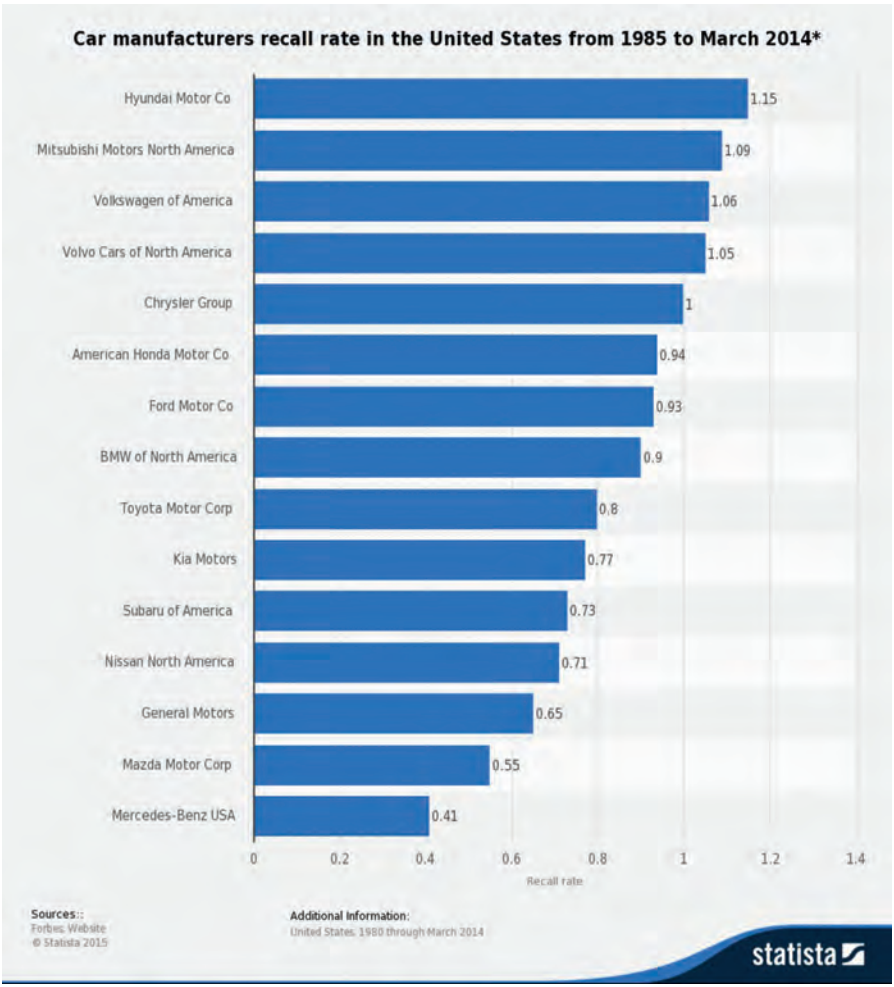
Tabla 2. Razón de fallas automotrices de los principales fabricantes

	Fabricante	*Autos llamados a revisión 1985-2014 (millones)*	*Autos vendidos de 1980-2013 (millones)*	*Razón de autos revisados/ vendidos*
1	Mercedes-Benz USA, LLC.	2.1	5.2	0.41
2	Mazda Motor Corp.	5.2	9.4	0.55
3	General Motors LLC	99.3	153.2	0.65
4	Nissan North America, Inc.	19.1	26.8	0.71
5	Subaru of America, Inc.	4.3	6.0	0.73
6	Kia Motors Corporation	3.7	4.9	0.77
7	Toyota Motor Corp.	38.6	48.1	0.80
8	BMW of North America, LLC	5.1	5.7	0.90
9	Ford Motor Company	97	104.7	0.93
10	Honda (American Honda Motor Co.)	31.1	32.9	0.94
11	Chrysler Group LLC	63.2	63.2	1.00
12	Volvo Cars of N. A., LLC	3.3	3.1	1.05
13	Volkswagen of America, Inc.	10.2	9.7	1.06
14	Mitsubishi Motors North America, Inc.	5.3	4.8	1.09
15	Hyundai Motor Company	9.9	8.7	1.15

Fuente: iSeeCars.com analyzed NHTSA Recall, datos de 1985-2014 y la venta de vehículos en Estados Unidos de 1980-2013.

El primer lugar en buen desempeño lo tiene Mercedes-Benz, quien ha llamado a revisión por fallas automotrices a 2.1 millones de automóviles y ha vendido 5.2 millones, lo que arroja una razón de 0.41, que es la más baja de todas las empresas automotrices, manteniéndose indiscutiblemente como la mejor ensambladora en confiabilidad de todas las que venden autos en Estados Unidos. Este desempeño, ¿se debe a que tiene bajos volúmenes de producción o a que está haciendo las cosas de manera diferente a las demás?

Gráfica 2. Razón de fallas automotrices (*recalls*) en Estados Unidos de 1985 a 2014



Fuente: www.statista.com (2015).

Sistemas de calidad en la industria automotriz

La cadena de suministros de la industria automotriz está integrada por empresas que además de tener un sistema de calidad implementado, estén certificadas por al menos una norma de calidad, que actualmente es la TS 16949; aunque cabe

aclarar que el nombre y los requerimientos de la norma han variado con el transcurrir del tiempo. De acuerdo con el sitio *bultek.com*, otra es la norma de calidad ISO 9000, que tiene su antecedente en la Segunda Guerra Mundial con la norma BS 5750, la cual buscaba inspeccionar, verificar y asegurar diversos productos manufacturados. En el Reino Unido llegaron a existir más de 17,000 inspectores de gobierno y en 1979 se acepta esta norma en la mayoría de los países, excepto en Estados Unidos de Norteamérica.

En 1987, la norma "BS 5750" se convierte en ISO 9000 bajo el endoso de la Organización Internacional para la Normalización. Llámese ISO, es una confederación de países con base en Ginebra, Suiza, cuya función es promover estándares para productos y servicios. La ISO 9000 se adopta para facilitar en el comercio global. Para llegar a normativa se requiere del apoyo y votación de 75% de los países de la confederación. No es una normativa puramente de conformidad, pero sí una de desempeño y mejora.

En 1993 se convierte en QS 9000, ya que en ese año Chrysler, Ford y GM crearon un documento al que llamaron "Advanced Product Quality Planning" (Planeacion Avanzada de la Calidad del Producto, APQP por sus siglas en inglés). En él se estipulan los mecanismos acerca del análisis de modo y efecto de falla en el diseño, producto y proceso (*Potencial Failure Mode And Effects Analysis,* PFMEA) que cubría los posibles defectos que se podrían presentar en el diseño y la fabricación de un producto. Este documento se integró a la norma QS 9000, y en 2002 ISO/TS se cambió la norma de QS9000 a TS 16949, la cual es un requisito exigido a todos los integrantes de la cadena de suministros.

En 2008 se reunieron nuevamente para mejorarlo, pero pese a los esfuerzos que se han realizado, algunos productos continúan presentando fallas en su funcionamiento debido a su diseño o proceso de manufactura o interacción con los demás componentes del automóvil.

El proceso se inicia con la solicitud del cliente, comenzando con el desarrollo del concepto, la aprobación del programa elaborado por el proveedor, el desarrollo de los prototipos que reflejen lo que el cliente solicita. Al mismo tiempo que se desarrolla el producto, se efectúa el proceso de manufactura, se hacen las corridas pilotos para validar que el proceso y el producto tengan los niveles de calidad, eficiencia y capacidad requeridos, y se llevan a cabo varias evaluaciones y retroalimentacion, así como acciones correctivas durante y despues del proceso de diseño y producción.

La mayoria de los proveedores de primero, segundo y tercer niveles de la industria automotriz estudian con mucho cuidado este manual y les sirve de base para poder crear productos y procesos que cumplan con los estándares de calidad que exije esta industria.

Dibujo 1. Planeación de la calidad de un producto

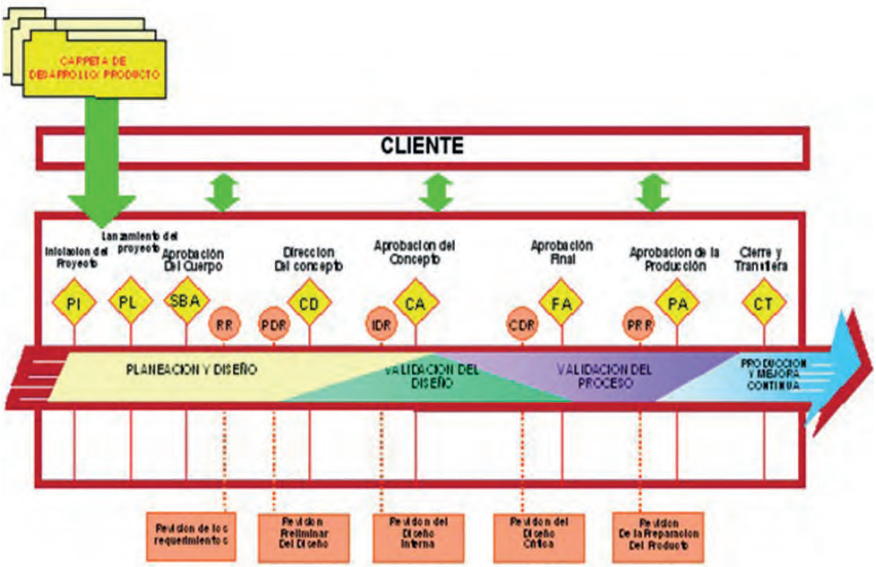
Fuente: *Manual de la Planeación avanzada de la calidad del porducto (APQP) y plan de control* (2008).

El APQP generado por la industria automotriz para diseñar productos y procesos de calidad es uno de los elementos que ayudaron a la creación del Proceso de Diseño de Delphi,[3] y que ha sido aplicado en otras industrias con éxito similar a los de la industria automotriz. Incluye los métodos y los controles que serán utilizados en el diseño y la producción de un producto; una de sus características es que previene los defectos y establece la mejora continua en lugar de esperar detectar y corregir el defecto. En el siguiente dibujo se puede apreciar la implementacion de la planeacion de la calidad de los productos de Delphi.

Como se mencionó, dentro de las actividades para asegurar la calidad y disminuir los riesgos de posibles fallas automotrices, se encuentran los Análisis de Modos de Falla (FMEA, por sus siglas en inglés), documentos utilizados para realizar un diseño de productos y procesos que satisfagan las necesidades cada vez más exigentes del cliente. Existen varios tipos en los cuales se aplican: de producto, de diseño, de proceso, de sistema, de software. Todos ellos tienen el propósito de desarrollar mecanismos que reduzcan la posibilidad de que se presenten las fallas ya detectadas y mejoren el producto de generación en generación.

[3] Delphi fue parte de la empresa General Motors en 1998, se volvió empresa independiente y es uno de los principales fabricantes de autopartes para las ensambladoras más grandes de la industria.

Dibujo 2. Planeación del desarrollo de los productos por parte de Delphi



Fuente: Melgoza (2012).

En esencia, el FMEA tiene como propósito principal el anticiparse a los riesgos de diseñar o fabricar un defecto y disminuir el riesgo. Además, algunos otros beneficios que se obtienen son (Stamatis, 2003, citado por Franz, 2013):

- Reduce el tiempo y costo del desarrollo de productos.
- Ayuda a seleccionar el sistema de diseño óptimo.
- Permite establecer prioridades en las actividades de mejoramiento del diseño.
- Provee las bases para el programa de prueba durante el desarrollo de la validación final del sistema, del diseño, del proceso o servicio.
- Permite establecer registros que ayuden a futuros diseños o productos.
- Es una forma barata de enfrentar los desafíos de la innovación y modificación en el diseño de los productos o procesos.

El FMEA es una técnica sistemática de trabajo y auxilio para ordenar las ideas. Es una herramienta usada para evaluar el modo de fallas potenciales y sus causas, priorizando las fallas potenciales y su riesgo. Los puntos débiles conocidos por experiencia, así como fallas potenciales, sus consecuencias y riesgos, se detectan

con la debida anticipación y se les da prioridad junto con las medidas recomendadas. Los FMEA son útiles en el desarrollo y fabricación de un nuevo producto, en nuevos procedimientos de fabricación en caso de piezas de seguridad y piezas problema; así como en modificaciones y métodos de desarrollo organizacionales (Franz, 2013). También propone acciones para eliminar las causas de las fallas o reducir su frecuencia de ocurrencia y proporciona una disciplina y metodología para documentar análisis para futuros usos y la mejora continua del desarrollo del producto y del proceso.

Conclusiones

La relevancia de las fallas automotrices queda manifiesta especialmente y debido a que si bien es cierto algunas son simples errores cosméticos o afectan funciones que no perjudican en gran medida el desempeño del vehículo, hay otros errores que involucran vidas humanas y que, huelga decirlo, es imperativo que sean evitados y reducirlos a su mínima expresión.

Con base en los datos que se presentaron a lo largo de este capítulo, podemos decir que el número de fallas automotrices no tiene una tendencia clara que ayude a pensar que disminuirán o acabarán. Por lo contrario, la última falla automotriz de las bolsas de aire de la empresa Takata, filial de Honda, debe llevar a la profundización del tema y a resaltar la necesidad de reforzar los mecanismos para que las empresas automotrices trabajen con las causas raíces que provocan dichas fallas y disminuyan la probabilidad de consecuencias fatales.

Si bien uno de los actores principales que ha causado la mayor cantidad de muertes por defectos atribuibles a la fabricación de sus vehículos, al menos en Estados Unidos, ha sido la empresa Ford; se debe considerar que éstos no son privativos de una sola compañía, ya que las principales ensambladoras estadounidenses, tanto como las europeas y asiáticas, han presentado fallas recurrentes en sus automóviles que han provocado heridas graves y fatalidades, pérdidas económicas y daños considerables a la imagen de las firmas. Aún quedan muchas preguntas por resolver que, seguramente, ayudarán a profundizar la investigación que permita ayudar a entender mejor el problema.

Bibliografía

Bates, H., M. Holweg, M. Lewis y N. Oliver (2007), "Motor Vehicle Recalls: Trends, Patterns and Emerging Issues", *Omega*, 35(2), pp. 202-210.

Beene, R. y G. Nelson (2013), "TOTAL RECALL", *Automotive News*, 88(6592), 16, disponible en: <http://www.bidi.uam.mx:8331/login?url=http://search.proquest.com/docview/1447240267?accountid=37347>, consultado el 26 de abril de 2016.

Book, B., C. R. Hopkins, W. Fick, R. Minkler y C. Williams (2008), "Planeación avanzada de la calidad del producto (APQP) y plan de control. Manual de referencia", disponible en: <https://es.scribd.com/doc/159532755/MANUAL-AIAG-APQP-2-PDF>, consultado el 13 de mayo de 2016.

Chao, G. H., S. M. R. Iravani y R. C. Savaskan (2009), "Quality Improvement Incentives and Product Recall Cost Sharing Contracts", *Management Science*, 55(7), pp. 1122-1138, disponible en: <http://www.jstor.org/stable/40539201>, consultado el 26 de abril de 2016.

Chrysler, Ford y General Motors (1994), *APQP Advance Planning Quality Plan*, disponible en: <https://drive.google.com/file/d/0B2BmMocPdatGNTk4ZDFiYmMtZjg0Mi00MDFiLWE1NjctZDE3MDA5Y2JjYjVi/view>, consultado el 10 de abril de 2016.

Crow, C. J. (2015), "Are Larger Recalls more Damaging for Shareholders? Evidence from U.S. Automotive Recalls, 2005-2014 (Order No. 1594481)", disponible en: ProQuest Dissertations & Theses Global (1700356691), disponible en: <http://www.bidi.uam.mx:8331/login?url=http://search.proquest.com/docview/1700356691?accountid=37347>, consultado el 26 de abril de 2016.

Franz Marangoni, Fabiano (2013), *Análisis de modo y efecto de falla, un proyecto de sistema de calidad automotriz*, disponible en: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/2430/1/CT_GETIC_I_2013_04.pdf>, consultado el 23 de abril de 2016.

Gorzelany, J. (2014), "Automakers with the Lowest (and Highest) Recall Rates", *Forbes*, disponible en: <http://www.forbes.com/sites/jimgorzelany/2014/03/26/automakers-with-the-lowest-and-highest-recall-rates/#2ac4ce6f2008>, consultado el 8 de febrero de 2016.

Ito, T. (2014), *Bolsas de aire caso global para Takata*, disponible en: <http://www.elfinanciero.com.mx/nikkei/bolsas-de-aire-de-takata-caso-global-para-honda.html>, consultado el 2 de noviembre de 2015.

Jimenez, J. E. (2006), *Un análisis del sector automotriz y su modelo de gestión en el suministro de las autopartes*, Querétaro, Instituto Mexicano del Transporte.

Melgoza, R. (2012), *Aprendizaje organizacional y transferencia de tecnología en la industria maquiladora*, México, UACJ.

Moll, R. (2003), "Ford Motor Company and the Firestone Recall", *Journal of Public Affairs*, vol. 3, núm. 3, agosto, disponible en: <http://faculty.mercer.edu/burtner_j/documents/FordFirestoneTyresJofPublicAffairs.pdf>, consultado el 18 de diciembre de 2015.

Rupp, N. G. (2004), "The Attributes of a Costly Recall: Evidence from the Automotive Industry", *Review of Industrial Organization*, *25*(1), pp. 21-44.

Shah, R., G. Ball y S. Netessine (2015), "Plant Operations and Product Recalls in the Automotive Industry: An Empirical Investigation", INSEAD.

Statista (2015), disponible en: <https://www.statista.com/statistics/261569/car-recalls-by-manufacturer/>, consultado el 20 de abril de 2016.

Statisticbrain. Jhasklj, disponible en: <http://www.statisticbrain.com/automobile-recall-statistics/>, consultado el 10 de abril de 2016.

Trotta, J. (2014), "Mercedes has the Lowest 'Recall Rate' and BMW is the Most Timely in Making Recalls", disponible en: <www.iseecars.com>, consultado el 10 de enero de 2016.

Tudón Martínez, J., S. Varrier, R. Morales Mendez y O. Sename (2016), "Control Tolerante a Fallas en una Suspensión Automotriz Semi-Activa", *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial,* vol. 13, pp. 56-66.

Capítulo 6
Complejidad de manufactura e inspecciones de calidad en función del error humano en una ensambladora automotriz

Francisco Octavio López Millán,[1] *Martha Estela Díaz Muro,*[2] *Enrique Javier de la Vega Bustillos,*[3] *Diana Lucía Acuña Fimbres*[4]

Introducción

La industria automotriz (IA) en el mundo se ha desarrollado a tal grado que, al cierre de 2015, se fabricaron alrededor de 69 millones de unidades, en donde se emplearon, aproximadamente, 50 millones de personas en trabajos relacionados con el sector automotriz (Organización Internacional de Constructores de Automóviles, OICA, 2015). El avance en la tecnología de manufactura, en el diseño del automóvil, más los incentivos financieros para adquirir vehículos nuevos, configuran un mercado exigente en algunos segmentos donde se encuentra una gran cantidad de opciones de marcas y modelos y, dentro de cada modelo, un gran número de alternativas para la elección del cliente.

Cuantas más opciones se ofrecen, más elevado es el nivel de complejidad del sistema de manufactura, lo que hace más competitivo a un segmento o plataforma;

[1] Presidente de la Sociedad Nacional de Ergonomistas, A. C., profesor-investigador del Instituto Tecnológico de Hermosillo, miembro de la Red de Innovación y Trabajo en la Industria Automotriz Mexicana (ITIAM). Tel: (662) 2606500, ext. 136. Correo electrónico: <lopezoctavio@yahoo.com.mx>.

[2] Profesora-investigadora y subdirectora académica del Instituto Tecnológico de Hermosillo, miembro de la Red de Innovación y Trabajo en la Industria Automotriz Mexicana (ITIAM). Tel: (662) 2606500, ext. 136. Correo electrónico: <diazmuro@yahoo.com.mx>.

[3] Profesor-investigador del Instituto Tecnológico de Hermosillo, miembro de la Red de Innovación y Trabajo en la Industria Automotriz Mexicana (ITIAM). Tel: (662) 2606500, ext. 136. Divisón de Estudios de Posgrado, Instituto Tecnológico de Hermosillo, México. Correo electrónico: <en_vega@ith.mx>.

[4] Maestra en Administración egresada del Instituto Tecnológico de Hermosillo, Av. Tecnológico S/N, Col. El Sahuaro, Hermosillo, Sonora, México, C.P. 83170.

ya sea que se trate de vehículos compactos, subcompactos, sedán mediano, sedán grande u otros.[5] De hecho, la complejidad en el diseño, suministro y armado de materiales para la fabricación de un automóvil se ha convertido en un asunto de primer orden para las ensambladoras. En éstas, el concepto de complejidad está relacionado con la cantidad de opciones diferentes que se manufacturan en una misma línea de producción, entendiendo como opciones las diferentes versiones de un tipo de material o componente que será instalado en la unidad, como puede ser el color del auto, versiones distintas de techo corredizo, el tipo de volante,[6] controles del sistema de audio, alternativas para responder el teléfono móvil y otras. La organización de la producción también se ha vuelto más compleja cuando se tienen restricciones de espacio para inventarios en proceso y cuando en la línea de producción se fabrican las diferentes opciones donde la unidad varía prácticamente de una en una. Eso requiere de un diseño del trabajo sumamente esmerado, basado en la capacitación del personal operativo y en las ayudas al proceso de ensamble como dispositivos para asegurar la calidad desde el ensamble.

El problema de la complejidad aumenta dependiendo del número de componentes que se van a utilizar durante la manufactura y dependiendo del número de opciones de cada componente. Klier y Rubenstein (2008) mencionan que alrededor de una empresa fabricante de automóviles, los proveedores producen, aproximadamente, 15,000 piezas que serán instaladas en el vehículo. Este número varía dependiendo de la integración entre los diversos niveles de la cadena de suministros.[7] Otro factor de influencia en la complejidad de fabricación es el país destino del automóvil o la región dentro de un país, situación que influye en la información de las etiquetas del vehículo y en el idioma de los manuales del usuario, los cuales pueden ser en francés, en inglés o en español.

Todo parece indicar que el incremento en la complejidad de manufactura se ha convertido en un verdadero rompecabezas para el fabricante, no sólo por sus implicaciones de diseño, sino además porque se traducen en mayores exigencias en los sistemas de seguridad y satisfacción de los usuarios. Para ilustrar lo anterior, en este capítulo se aborda la problemática de inspección de calidad en una ensambladora de vehículos, localizada en el norte de México. Se intenta probar que, si bien es cierto que el ensamble de los componentes en cada vehículo dispone de

[5] Aunque la definición más usual para referirse a los automóviles hace alusión a los vehículos ligeros, también incluye a los de pasajeros y a la categoría de vehículos ligeros de carga, que engloba a los Pick Up, SUV, SUV Light, Crossovers o Minivan, este último, considerado como uno de los segmentos más dinámicos y en crecimiento.

[6] Modelos como el Fusion pueden llegar a tener hasta setenta tipos de volantes.

[7] En la planta de ensamble del Ford Fusion, por ejemplo, se manejan alrededor de 6 000 partes sólo para el ensamble final, una vez que la unidad ha sido armada en su carrocería y se ha pintado de acuerdo con la elección del cliente o de acuerdo con el configurador del distribuidor.

sistemas de control de calidad para evitar errores, defectos o control de fallas, está claro que el factor humano expresado a través de la inspección de calidad, que incluye habilidades visuales, auditivas o táctiles para identificar defectos, combinada con la restricción de tiempo que impone el ciclo de fabricación del producto, sigue siendo el foco de atención para superar los tradicionales procesos de prueba y error dentro de la fábrica.

Para determinar el nivel de complejidad en las estaciones de inspección de calidad, se estudiaron 15 estaciones de trabajo en tres etapas. La primera, consistió en identificar el tipo de errores que se reportan, pero que en realidad, en una segunda inspección, pasaron desapercibidos; esto corresponde a la identificación del error Tipo I. Posteriormente, se analizaron los errores que fueron detectados por los clientes, como parte del seguimiento que hace el distribuidor de la marca que recibe el automóvil, donde se revisa y se prepara para la entrega al consumidor. A este tipo de errores se les denomina el error Tipo II; éste representa el de mayor costo para la compañía, ya que implica reparaciones y pagos de garantías, más el posible desprestigio de la marca. En una segunda etapa se identificaron las variables asociadas con los diferentes tipos de errores como: iluminación, tiempo de operación en inspección, cantidad de señales y errores, elementos a inspeccionar, elementos aislados, opciones dentro de los elementos, entrenamiento y certificación, apoyos visuales, anormalidades, definición de estándares, herramientas óptimas, falta de dispositivos a prueba de error. Finalmente, en la última etapa, se realizaron las clasificaciones de acuerdo con las variables presentes cuando aparecen los errores, procedimiento que fue determinante para establecer el nivel de complejidad. El análisis cognitivo fue realizado a través de observación directa y de entrevistas con los inspectores de calidad y con los supervisores. Asimismo, para obtener los datos referentes a los errores, se procedió a realizar la búsqueda de la información en las bases de datos del sistema de calidad y se revisaron los reportes de la planta en un periodo de cinco meses.

A continuación, se presentan algunas de las tendencias de la industria automotriz que han hecho de ésta una actividad más compleja y con mayores opciones de elección de modelos para los clientes. Posteriormente, se revisa parte de la literatura relacionada con las actividades de inspección y control de calidad, así como aquella que describe algunos de los métodos más comunes para detectar errores. Finalmente, se exponen los resultados de investigación y las conclusiones.

El mercado y la variedad de modelos

En la IA hay mercados muy competidos que generan gran demanda de automóviles. Estados Unidos de Norteamérica es uno de los mercados más importantes

para las exportaciones de México, ya que según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi), en 2014, más de 38% de la producción de automóviles se exporta a ese país. En ese mercado existen segmentos de ventas de alto volumen, donde hay representación de casi todas las marcas, por ejemplo, el segmento de los automóviles sedan subcompactos representó ventas de 1'370,533 unidades solamente en las cinco marcas de mayor penetración. Asimismo, en el segmento de los sedanes medios, las ventas fueron de 1'631,783 unidades, de igual forma, sólo en cinco marcas (tablas 1 y 2). Éstos son dos de los segmentos más competidos y de mayor presencia de marcas, que representa una exigencia mayor para los fabricantes y se ve reflejado por la cantidad de opciones que el posible comprador encuentra a su disposición.

Tabla 1. Ventas de subcompactos en 2015

Marca	*Modelo*	*Ventas EE.UU. 2015*
Toyota	Corolla	363,332
Honda	Civic	335,384
Hyundai	Elantra	241,706
Chevrolet	Cruze	226,602
Nissan	Sentra	203,509

Fuente: elaboración propia con datos de Statista (2015).

Tabla 2. Venta sedanes medios en 2015

Marca	*Modelo*	*Ventas EE.UU. 2015*
Toyota	Camry	429,355
Honda	Accord	355,557
Nissan	Altima	333,398
Ford	Fusion	300,170
Hyundai	Sonata	213,303

Fuente: elaboración propia con datos de Statista (2015).

La cantidad de modelos asociada a las recientes innovaciones tecnológicas hace que la manufactura se vuelva más compleja en la medida en que se incorporan diferentes opciones, que empiezan con el diseño general del auto, pasando por las motorizaciones, transmisiones y vestiduras. Recientemente, la complejidad se

ha incrementado con la incursión de los sistemas de info-entretenimiento (*infotainment*), incluidos GPS, sistemas de sincronización con el celular, reproductores de música, manos libres, entre otros dispositivos. Se han incrementado las exigencias en los sistemas de seguridad, activa y pasiva. Asimismo, se ha incrementado la exigencia de satisfacción al cliente, sobre todo en los segmentos de gama media y superiores. Sin embargo, la tendencia es equipar cada vez más los modelos, aun en opciones básicas; como ejemplo, el Nissan Versa, un modelo subcompacto, puede adquirirse con GPS y con asientos en vestiduras en piel.

La variedad de opciones es favorable hacia el consumidor final, pero para el fabricante se convierte, prácticamente, en un rompecabezas. Cuando el cliente decide adquirir un vehículo nuevo, la configuración de las características que desee incluir las puede elegir con la asesoría del vendedor en piso o desde un configurador en línea en el sitio de internet de la marca. Se puede optar por un vehículo ya configurado por el distribuidor o por personalizar de acuerdo con las preferencias del comprador. Si se toma como ejemplo el modelo Fusion, de la marca Ford (2016), que se vende, en su mayoría, en el mercado de Estados Unidos, se puede elegir de entre doce opciones, de las cuales se ofrecen entre ocho colores exteriores, tres colores en tela para los asientos o seis colores para vestiduras en piel, dependiendo de la opción base del modelo. Dependiendo también de éste es posible optar entre doce diferentes tipos de rines y tres motorizaciones de gasolina o dos motorizaciones para las opciones híbridas. Asimismo, ya sea que se trate de un motor de gasolina o híbrido, se dispone de dos tipos de transmisiones y, dependiendo del color exterior, se acompañan algunos elementos del modelo, mismo color para la carcasa de los espejos, las manijas de las puertas, las fascias, entre otros elementos. También se puede optar por un techo corredizo eléctrico y apertura de puertas de cochera, cinturones de seguridad, traseros inflables, control de velocidad adaptable, navegación activada por voz o asistencia activa para estacionar.

A pesar de la gama de opciones, la IA busca optimizar costos a través de la utilización de arquitecturas comunes a varios modelos, para el ejemplo de Ford, el modelo Fusion comparte elementos con el modelo Lincoln MKZ; ambos se producen en la misma planta y en la misma línea de producción.

Inspección y controles de calidad

Las posibilidades de errores de manufactura en un auto aumentan en la medida en que los sistemas se vuelven más complejos, lo que hace necesario robustecer

los controles de calidad y, en definitiva, los procesos de inspección. Algunos de éstos se relacionan con sistema a "prueba de error", como dispositivos con la capacidad de detección de fallas, habilitados para restringir la operación de una herramienta o para señalizar parte del proceso. En el ensamble de los componentes en cada vehículo, esto se entiende como dispositivos de ayudas para evitar el error o el defecto de calidad (Monden, 2012).

No obstante, a pesar del éxito de estos sistemas, en la fabricación de los automóviles las actividades de inspección de calidad siguen dependiendo en buena medida de los sentidos de las personas, básicamente de la vista, oído y del tacto. Dichas actividades han sido abordadas, fundamentalmente, desde los métodos estadísticos para estabilizar las actividades de la línea de montaje. Así, por ejemplo, existen enfoques para mejorar los procesos de inspección relacionados con aspectos más personales que de proceso (Chompu-inwai y Yajom, 2010), los cuales relacionan la fatiga mental con los resultados de las inspecciones visuales de calidad. Éstos han encontrado que los periodos de descanso en el trabajo se relacionan con la disminución de la fatiga mental percibida por los inspectores.

Se ha analizado también la relación del desempeño del inspector de calidad con los tipos de personalidad. Un estudio de Hall (2014) encontró que tres rasgos de la personalidad: la conciencia, la confrontación y la extraversión, fueron estadísticamente significativos como predictores de rendimiento de la inspección. La fuerza de la asociación entre el rendimiento de inspección y cada uno de estos rasgos apenas resultó ser significativa, lo que indica que no son suficientes para predecir el rendimiento por sí mismos. Por su parte, Hsu y Chan (1994) resaltan la importancia de las personas en el desempeño de los sistemas y hacen énfasis en el rol de los inspectores de calidad que a través de detectar y reportar los defectos en los productos contribuyen al éxito del proceso de producción. En su estudio también encontraron que algunas características de personalidad se relacionan con los inspectores más competentes y destacan cuatro aspectos principales: estabilidad, entusiasmo, sensibilidad y suspicacia. En otro trabajo de Pesante-Santana y Woldstad (2000), se menciona que aun cuando ha habido contribuciones en la investigación de los factores humanos en la comprensión del trabajo en las actividades de inspecciones de calidad, las personas siguen siendo responsables de ésta. Se acepta el error humano como parte del trabajo de inspección, aunque se menciona que solamente 80% de los defectos es detectado. Cabe señalar, sin embargo, que no se ha encontrado suficiente evidencia de estudios que aborden otros factores personales como la inteligencia emocional o la actividad cerebral mientras se realiza el trabajo de inspección.

El tiempo de ciclo por unidad también es fundamental para la organización de los sistemas de calidad y manufactura. Monden (2012) considera el tiempo de ciclo como la cantidad de tiempo disponible para producir una unidad, de tal manera que dependiendo del tiempo de ciclo y del tiempo total que requiere una unidad, se establece el número de estaciones de trabajo y estaciones de control de calidad. En cada estación se asignan las actividades de inspección que una persona debe realizar, pero al considerar todas las opciones en unidad, la actividad de inspeccionar se ve afectada por la complejidad y está restringida por el tiempo de ciclo.

Métodos para la detección de errores

En los estudios para la comprensión del error humano y en un intento por clasificarlo, Swets (1961) describe un método de detección de señales que registra cuatro tipos de resultados que pueden originarse de una inspección enfocada en el proceso de calidad. A continuación se expresan brevemente y se muestra resumen en la figura 1.

Figura 1. Acciones de aciertos y errores

Acción del inspector	*Defecto*	*Sin defecto*
Acepta la parte	Omisión: error tipo II	Acierto
Rechaza la parte	Acierto	Problema no encontrado (NPF): error tipo I

Fuente: elaboración propia.

I. RECHAZO CORRECTO: el sistema no detecta la señal y, efectivamente, sólo había ruido.
II. ACIERTO: la señal estaba ahí (señal+ruido) y el sistema la detecta.
III. FALSA ALARMA: el sistema cree detectar la señal, pero realmente sólo había ruido.
IV. OMISIÓN: la señal estaba ahí (señal+ruido), pero el sistema no la detecta (esto es, la confunde con el ruido).

Letho y colaboradores (2012) se refieren también al modelo de SDT (*Signal Detection Theory*) como al comparativo entre el desempeño del inspector en

diferentes situaciones de inspección. Cuando se utiliza la SDT, se asume que una falsa alarma correspondería a un error tipo 1 en los modelos de estadística inferencial, es decir, se rechazaría un producto bueno o no defectuoso, mientras que cuando se acepta un producto malo o defectuoso, se estaría incurriendo en un error tipo 2. Los autores abundan en una serie de factores en el diseño de inspecciones de calidad que están relacionados con la actividad cerebral o mental del inspector de calidad, como los siguientes:

- La cantidad de elementos que se debe inspeccionar, a mayor número de elementos, se incrementa la posibilidad del error tipo 2.
- El orden de búsqueda de los posibles defectos en las instrucciones de la inspección.
- El entrenamiento en las secuencias de búsqueda de defectos.
- La precisión en la inspección.
- El tiempo disponible para realizar la inspección.
- El ritmo de trabajo para realizar la inspección, se observan mejores resultados cuando el inspector establece su propio ritmo.
- Los descansos y la rotación de puestos.
- Son importantes también los aspectos individuales aun cuando no estén relacionados con la actividad cerebral de la inspección, por ejemplo, la edad del inspector, la agudeza visual, los niveles de iluminación, la experiencia, la capacitación y el entrenamiento.
- Los tipos de personalidad han sido relacionados con el desempeño de los inspectores, pero no se ha encontrado evidencia con respecto de la inteligencia del inspector y su nivel de desempeño.

Por otra parte, Hoffman y Militello (2008) se refieren al Cognitive Task Analysis (CTA), como una metodología para el estudio empírico de los lugares de trabajo y los patrones de trabajo, que aborda los siguientes aspectos:

- Una descripción de los procesos cognitivos y los fenómenos que acompañan al trabajo dirigido a un objetivo.
- Las explicaciones de la actividad laboral en términos de los fenómenos cognitivos y los procesos.
- La aplicación de los resultados a la mejora del trabajo y de la calidad de la vida laboral mediante la creación de mejores espacios de trabajo, un mejor apoyo a los artefactos (tecnologías), y mediante la creación de métodos de trabajo que mejoran la satisfacción humana y el placer, que

amplían la motivación humana intrínseca y que aceleran los logros y la competencia.

En la actualidad, el Cognitive Task Analysis (CTA) es considerado por los organismos de investigación en todo el mundo no sólo como un importante componente de los esfuerzos de investigación y desarrollo para los sistemas hombre-máquina complejas, sino también como un componente necesario que analiza el trabajo cognitivo.

Resultados

A continuación, exponemos los resultados de investigación en una empresa armadora de autos, tomando como área de estudio la de Control de Calidad, donde se procedió a medir dos factores relacionados con los errores de inspección de calidad: el humano y las tareas. En función de éstos se analizó la eficiencia, los aciertos, errores, diseño de estaciones y carga de trabajo, entre otros, que permitieron identificar el nivel de complejidad de cada estación y los elementos que lo determinan.

- Se observó un total de 9,637 incidencias, es decir, correcto rechazo de la parte o aciertos, los productos que no obtuvieron desperfecto alguno ("Ok" o correcta aceptación de la parte), las unidades en las cuales no se encontraron problemas (errores tipo I) y las omisiones (errores tipo II).
- Se reportaron 226 errores del tipo I, en términos prácticos significa que en la unidad inspeccionada se reportó un defecto, se envió a reparación y en este departamento no se encontró error alguno.
- Se reportaron 11 omisiones, es decir, errores tipo II; esto representa un defecto que fue encontrado en una inspección adicional en la planta por el distribuidor o por el cliente final. Este tipo de errores son los de mayores consecuencias.

Adicionalmente, para determinar las variables, se utilizaron la técnica de entrevista no estructurada y la técnica de observación, de acuerdo con lo mencionado en Stanton y colaboradores (2010). Con dichas técnicas se puede detectar el conjunto de variables que fueron parte del proceso de búsqueda del conocimiento, la habilidad de los inspectores y la experiencia de los administradores

para saber si el sistema debe ser considerado complejo. Éste es un incipiente enfoque utilizando el concepto de ergonomía cognitiva.

Producto de este análisis, las variables siguientes se englobaron en una sola variable de "elementos básicos" y se calificaron de acuerdo con su cumplimiento en la escala de 0 a 100:

- Iluminación.
- Tiempo de operación en inspección.
- Entrenamiento y certificación.
- Apoyos visuales.
- Anormalidades.
- Definición de estándares.
- Herramientas óptimas.
- Falta de dispositivos a prueba de error.

La primera variable es la del total de incidencias (X_i); la segunda variable corresponde a las inspecciones que han resultado exitosas, es decir, son los aciertos de acuerdo con el modelo de detección de señales (X_{ok}); la tercera variable se conforma en función del número de errores tipo I, históricamente registrados (X_α); la cuarta variable son los errores tipo II que históricamente han sido registrados (X_β); la quinta variable corresponde al número de elementos a inspeccionar en una estación determinada; la sexta variable son los elementos aislados (X_{ea}); la séptima variable está relacionada con las opciones presentes en una unidad determinada (X_o); y la octava variable son los elementos básicos (X_{eb}).

La tabla 2 muestra los datos para la conformación del modelo de descripción de la complejidad de las estaciones de inspección de control de calidad.

El total de datos considerados en el proyecto fue de 145,142 observaciones en un periodo de cinco meses, en todos los turnos de trabajo. Para determinar la aportación de cada variable a la determinación de la complejidad, se utilizó el principio de razón insuficiente, que consiste en una ponderación lineal directa para estimar el peso de cada variable en condiciones de incertidumbre estadística. En seguida de cada columna para cada variable se presenta el valor correspondiente a la aportación de esta variable al nivel de complejidad. Así, para la variable "total de incidencias", el valor para cada estación se obtiene dividiendo el número de incidencias de esta estación entre el total de incidencias, el resultado de cada estación es su aportación a la complejidad. Se repitió el mismo procedimiento para cada una de las variables.

Figura 2. Tabla de complejidad

Estación	*Total incidencias*		*Aciertos por estación*		*Npf. Error tipo I*		*Omisiones: error tipo II*		*Elementos totales*		*Elementos aislados*		*Opciones*		*Elementos básicos*		*Total*
1	4406	0.46	140635	0.06	101	0.45	0		59	0.08	0		7	0.11	85	0.07	1.22
2	498	0.05	144639	0.07	5	0.02	0		32	0.04	1	0.11	4	0.06	75	0.06	0.45
3	217	0.02	144920	0.07	5	0.02	0		39	0.05	0		1	0.02	80	0.06	0.25
4	31	0.00	145111	0.07	0	0.00	1	0.01	62	0.08	0		2	0.03	85	0.07	0.33
5	38	0.00	145102	0.07	2	0.01	0		62	0.08	0		2	0.03	85	0.07	0.25
6	491	0.05	144638	0.07	13	0.06	2	0.18	52	0.07	1	0.11	4	0.06	85	0.07	0.66
7	669	0.07	144464	0.07	9	0.04	3	0.27	79	0.10	1	0.11	3	0.05	85	0.07	0.77
8	809	0.08	144314	0.07	19	0.08	0		57	0.08	0		5	0.08	85	0.07	0.45
9	520	0.05	144600	0.07	22	0.1	2	0.18	56	0.07	1	0.11	6	0.10	85	0.07	0.74
10	6	0.00	145136	0.07	0	0.00	1	0.09	23	0.03	2	0.22	0		85	0.07	0.47
11	76	0.01	145066	0.07	0	0.00	0		52	0.07	1	0.11	4	0.06	70	0.06	0.43
12	338	0.04	144799	0.07	5	0.02	2	0.18	55	0.07	0		4	0.06	80	0.06	0.52
13	578	0.06	144556	0.07	8	0.04	0		46	0.06	0		4	0.06	85	0.07	0.34
14	891	0.09	144214	0.07	37	0.16	0		47	0.06	1	0.11	6	0.10	85	0.07	0.65
15	69	0.01	145073	0.07	0	0.00	0		38	0.05	1	0.11	10	0.16	80	0.06	0.47
TOTALES	9637	1	2167267	1	226	1	11	1	759	1	9	1	62	1	1235	1	

Fuente: elaboración propia.

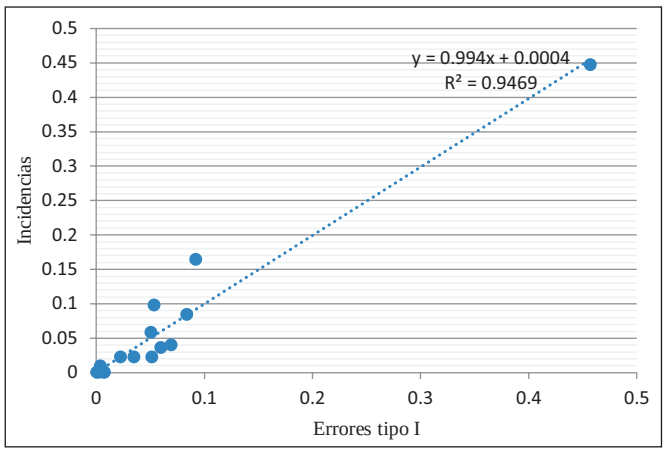
Para establecer el nivel de complejidad total de cada estación, se suman todos los valores correspondientes a cada aportación de cada variable por cada estación de inspección. Dependiendo del resultado, se establece el nivel de complejidad y se aplica de igual manera el principio de razón insuficiente o principio de indiferencia de Laplace, que consiste en lo siguiente: se establece el rango, y al resultado, se le divide entre tres niveles de complejidad; esto es, el rango de 0 al primer valor corresponde a un nivel de complejidad bajo, el rango para el segundo intervalo corresponde a un nivel de complejidad medio, el último intervalo corresponde al nivel de complejidad alto.

De acuerdo con los resultados mostrados de la figura 2, las estaciones 3, 4 y 5 estarían clasificadas como estaciones de complejidad baja, las estaciones 1, 7 y 9 serían consideradas como estaciones de complejidad alta y el resto sería estaciones de complejidad media. El intervalo para establecer el nivel de complejidad bajo es de 0 a 0.33, el segundo intervalo es de 0.34 a 0.66 y, el tercer intervalo, es para los valores mayores de 0.67.

Como se observa, hay algunas estaciones muy cerca de los límites, por lo que el criterio de clasificación es dejarlas de acuerdo con la primera clasificación y, posteriormente, analizarlas en función de un posible peso específico para una variable determinada, por ejemplo, la variable "omisiones".

En la estación 1, la condición de complejidad está asociada con la variable total de incidencias, con un peso de 0.46 y con la variable de errores tipo I. En el gráfico de la figura 3 se observa la relación entre estas dos variables, con un alto coeficiente de correlación.

Figura 3. Relación entre incidencias y errores tipo I



Fuente: elaboración propia.

Esta relación lineal conlleva suponer que al reducir el número de incidencias se reduciría el número de errores del tipo I.

El nivel de complejidad (NC) de la estación estaría formado por la siguiente expresión:

$$NC = X_i + X_{ok} + X_{\alpha} + X_{\beta} + X_{ea} + X_o + X_{eb}$$

Una vez que ha sido desarrollado el modelo, se pone a consideración del personal administrativo del área para una primera valoración, con lo que se observan claras coincidencia en las que las estaciones con un resultado en rojo o alto nivel de complejidad, en realidad son estaciones con mayor carga de trabajo, tienen más elementos a inspeccionar, tienen más opciones e históricamente han presentado reportes de errores cuando no los había. Los elementos aislados no representaron una contribución importante al modelo, aun cuando en teoría debieran haber tenido mayor presencia. Este tipo de elementos se presenta en un rango mayor al campo visual del inspector, de hecho, los puntos de inspección están ubicados en diferentes sectores del vehículo, por ejemplo, se inspecciona el interior del vehículo y el compartimiento de carga en la misma estación. En todos los casos, el tiempo de ciclo es, prácticamente, el mismo, por lo que el tiempo disponible para inspeccionar cada punto se reduce en proporción directa al número de puntos a inspeccionar.

Cabe señalar que el desarrollo de este ejercicio incluyó de manera subyacente el análisis cognitivo de la actividad de inspección, específicamente porque el enfoque para abordar el nivel de complejidad fue el análisis del error, lo que se considera clave para el logro del objetivo. Entender el comportamiento del error en el proceso de inspección y clasificarlo permitió el análisis de las variables operacionales ya presentes en función de los fallos en la inspección. La tabla de complejidad mostrada en la figura 2 contiene información de la bases de datos que indica que ahora la asignación de las cargas de trabajo se equilibra tomando en consideración todas las variables, lo que difiere de estudios anteriores donde el equilibrio o balance de las cargas de trabajo sólo consideraba el tiempo y el número de elementos a evaluar. Los elementos básicos estaban presentes en las actividades que el inspector debía cumplir, pero no habían sido asociados como una posible causa del error.

Conviene señalar también que el modelo aplicado cumple con la fase de validación interna, sin embargo, aún hay otros elementos en la actividad de inspección que pueden estar relacionados con el error. En la columna de inspecciones exitosas, variable X_{ok}, ya convertida al valor de proporción en la columna asociada, se observan en su mayoría valores de 0.07, lo que representa 93% de eficiencia en

la actividad y da la pauta para extender el estudio hacia la persona que realiza la inspección utilizando el mismo enfoque, es decir, el análisis del error.

Conclusiones

Los resultados observados en este trabajo aportan evidencias de que la complejidad de manufactura en la IA puede convertirse en un serio problema para garantizar altos estándares de calidad, ahora que la presión del mercado conduce a las compañías a ofertar cada vez mayores opciones para el cliente. Las plataformas comunes de manufactura que permiten la fabricación de, prácticamente, todas las opciones en una misma planta de ensamble, han contribuido a acrecentar las ventas en más de 300,000 unidades al año. Asimismo, con todo y los recientes avances tecnológicos, el error humano ligado a las tareas de inspección más la presión del tiempo de ciclo y la presión del tiempo de entrega siguen estando presentes en la complejidad del sistema.

Con el enfoque del error humano asociado a las actividades de inspección, ha sido posible desarrollar un modelo para determinar el nivel de complejidad de las estaciones de inspección de calidad en una planta ensambladora de autos. Con ello ha sido posible determinar las variables dentro del proceso de inspección e identificar los tipos de errores en función de su contribución a la complejidad de la actividad. El modelo se ha desarrollado y se ha probado considerando la experiencia de los administradores del área de inspección.

Bibliografía

Chompu-inwai, R. y K. Yajom (2010), "Impact of Work-Rest Period on Mental Fatigue in Inspection Task with Microscope: Case Study of Hard Disk Drive Component Manufacturing Company", *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists*, vol. 3, Hong Kong.

Ford Motor Company, disponible en: <www.ford.com/sdshop/build/fusion/?gnav=header-cars#/chooseyourpath/>, consultado el 10 de agosto de 2016.

Gutiérrez, Humberto y Romándе la Vara (2009), *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*, 2a. ed., McGraw Hill/Interamericana.

Hall, T, J. P. (2014), "A Study of Code Inspection Performance and Personality Traits", tesis, Univesity of Guelph.

Hoffman, Robert y Laura Militello (2008), *Perspectives on Cognitive Task Analysis*, Nueva York, Psychology Press.

Hsu, Sheng-Hsiung y Tam Chan (1994), "A Study of Inspection Performance and the Personality of Quality Inspectors", *International Journal of Quality & Relaibility Management*, vol. 11, núm. 3, pp. 55-65.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi), *Estadísticas a propósito de la Industria Automotriz,* disponible en: <www.amia.com.mx>, consultado el 20 de junio de 2016.

Klier, Thomas y James Rubenstein (2008), *Who Really Made your Car?: Restructuring and Geographic Change in the Auto Industry,* Kalamazoo, Michigan, W. E. Upjohn Institute for Employment Research.

Letho, Mark, R. Landry y J. Steven (2012), *Introduction to Human Factors and Ergonomics for Engineers*, 2a. ed., Estados Unidos, CRC Press, Taylor and Francis.

Monden, Yasuhiro (2012), *Toyota Production System; An Integrated Approach to Just in Time,* 4a. ed., Estados Unidos, CRC Press, Taylor and Francis.

Organización Internacional de Constructores de Automóviles (OICA) (2015), disponible en: <www.oica.net>, consultado el 25 de julio de 2016.

Pesante-Santana, J. A. y Jeffrey C. Woldstad (2000), "Quality Inspection Task in Modern Manufacturing", *Industrial and Management Systems Engineering Faculty Publications,* en Waldemar Karwowski (ed.), *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors* (2a. ed., 2001), Londres y Nueva York, Taylor & Francis.

Stanton, N., P. Salmon, G. Walker, C. Baber y D. Jenkins (2010), *Human Factors Methods, A Practical Guide for Engineering and Design,* Inglaterra, Ashgate.

Statista, The Statistics Portal, disponible en: <www.statista.com/chart/3109/americas-best-selling-vehicles-in-2015/>, consultado el 14 de abril de 2016.

Swets, John A. (1961), "Detection Theory and Psychophysics: A Review", *Psycometrika*, vol. 26, núm. 1.

Capítulo 7
Procesos de innovación en la planta Ford de Hermosillo: centros de responsabilidad regional y gestión del conocimiento (1986-2016)

Sergio A. Sandoval Godoy[1]

Introducción

A lo largo de treinta años de historia, los procesos de innovación en la planta Ford de Hermosillo han estado sólidamente relacionados con el aprovechamiento del conocimiento externo, derivado de las exigencias competitivas del mercado internacional y de las potencialidades que inducen las nuevas tecnologías basadas en la integración de componentes electrónicos. Esto es, lo que desde finales de la década de los ochenta se le conoció como el "paradigma tecnoeconómico" dominante en las industrias de alta tecnología en el mundo (Ramírez, 1995). Dicho conocimiento ha incluido la generalización y utilización de los dispositivos tecnológicos de manufactura flexible apoyados en la robótica, los métodos CAD-CAM (*Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing*), el control de la producción Justo a Tiempo (JAT o *Just in time,* JIT), el Control Total de Calidad (CTC) o *Total Quality Control* (TQC), la producción modular y el uso generalizado de las tecnologías de la información, representadas a través de los microprocesadores. Además del conocimiento externo, también ha requerido de trabajadores altamente calificados en labores de programación y control de dispositivos flexibles a nivel de planta; así como de operarios proclives al aprendizaje de nuevas rutinas de trabajo enfocadas al enriquecimiento de tareas. A esto se suma el conocimiento propio acumulado durante más de un siglo en materia de organización, logística, dirección y gerencia, y de aquellas derivadas del aprovechamiento

[1] Investigador titular del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. (CIAD), adscrito a la Coordinación de Desarrollo Regional. Carretera a la Victoria km 0.6 colonia Ejido la Victoria, Hermosillo, Sonora, México. C. P. 83304. Tel. (662) 2892400 ext. 315. Correo electrónico: <ssandoval@ciad.mx>, página electrónica: <www.sergiosandoval.com.mx>.

de ventajas comparativas de localización que ofrecen las regiones de bajos salarios para desarrollar áreas de especialización manufacturera.

Ciertamente, dentro del sector automotriz, los factores externos e internos obligan a establecer estrategias sostenidas de gestión del conocimiento, entre las que destacan una diversidad de indicadores como la volatilidad del mercado por efecto de la escasa lealtad de los clientes hacia ciertas marcas de autos; la entrada de nuevos competidores; la creación de alianzas *Joint-venture;* nuevos modelos de negocio; la implantación de manufactura flexible y, por supuesto, la innovación que introducen otras marcas. La gestión del conocimiento aparece así como "una mezcla fluida de experiencia estructurada, valores, información contextual e internalización experta que proporciona un marco para la evaluación e incorporación de nuevas experiencias e información" (Rivas y Flores, 2007: 85). Generalmente, dichas experiencias se traducen en renovadas formas de absorción y apropiación del conocimiento, que dan lugar a la instrumentación de diversos tipos y modelos de innovación para el fortaleciendo de la capacidad organizativa y competitiva de la empresa. En este sentido, los procesos de innovación se construyen como *espacios de transformación* en constante movimiento, donde los procedimientos técnicos en materia de diseño, procesamiento y control del producto no sólo se organizan y se ejecutan, sino que también se discuten y se cuestionan. Esto es debido al carácter cada vez más abierto, contingente e integrado de los sistemas de manufactura, en los que intervienen una diversidad de actores y estrategias particulares a nivel de las corporaciones.

Se puede afirmar que gran parte del éxito en materia de innovación en plantas como la Ford de Hermosillo radica no sólo en la forma de aprovechar y hacer uso del conocimiento generado y acumulado durante años; también radica en su carácter de empresa multinacional, cuyo funcionamiento adopta, progresivamente, una configuración de tipo "firma-sistema", caracterizada por centralizar una constelación de redes de alianzas locales y globales, en un esfuerzo de integración orgánica y funcional. La adopción de soluciones cada vez menos parciales y aisladas y el carácter interrelacionado de sus diversos componentes, intentan dar a la innovación un carácter integrado y planificado. Ello es, a pesar de la incertidumbre que rodea a los mercados, de la presión que ejerce la competencia, y de un sinnúmero de factores contingentes derivados de los proceso de manufactura y de las relaciones capital-trabajo.

En este capítulo se identifica y analiza la trayectoria de los procesos de innovación de la planta Ford de Hermosillo a partir de tres aspectos: las distintas capacidades de absorción y gestión del conocimiento; los factores de proximidad entre las empresas proveedoras y la ensambladora; y los tipos y características de la innovación. Todo ello, asociado con un componente experimental basado en la

contingencia, aspectos sobre los cuales se desarrolla el modelo productivo y sirven para determinar el peso de cada variable en la estrategia general competitiva de la planta. Para ilustrar dicha trayectoria, se acude a distintas fuentes de información directa e indirecta recopiladas a lo largo de tres décadas, la mayor parte de las cuales proviene de registros internos de la gerencia, documentos oficiales de instituciones de gobierno, archivos bibliográficos y hemerográficos, informantes selectos, visitas a la ensambladora y entrevistas grupales.

Se trata de probar que los procesos de innovación se constituyen a partir de tres líneas estratégicas: la creación y el rediseño, mediante el principio de mejora continua y control planificado de la calidad; la instrumentación de nuevos métodos de absorción y gestión del conocimiento, a través de prácticas cooperativas de asociación internacional y de enriquecimiento de tareas con responsabilidad limitada en el piso de trabajo; y la automatización del equipo y del proceso de fabricación, con base en la incorporación de nuevos dispositivos de transmisión de información y señales. Las estrategias asumen la forma de un sistema de flujos abiertos, compuesto de relaciones de cooperación sólidamente integradas a partir de alianzas globales con socios japoneses y de vínculos locales con proveedores estadounidenses y mexicanos, sobre la base del desarrollo y consolidación de *Centros de Responsabilidad Regional*.

Lo que se observa a lo largo de treinta años es una trayectoria de innovación diferenciada que ha fortalecido la tendencia hacia una mayor complejidad productiva, no sólo por el número de interacciones generadas a través de distintas formas de absorción, gestión y transferencia del conocimiento, sino también por las nuevas exigencias y potencialidades que induce la reestructuración global de la industria automotriz.

Para demostrar lo anterior, se involucran tres enfoques conceptuales o categorías de análisis estrechamente relacionadas: el primero es la empresa, entendida no como una estructura determinada tecnológica o contextualmente, sino, fundamentalmente, como una estructura en proceso de transformación permanente en la que se integran al mismo tiempo la libertad del actuar laboral y los límites a dicha actuación. De acuerdo con este supuesto, se concede mayor importancia a la empresa como unidad de investigación y de acción, y como espacio que abarca un proceso interpretativo, creativo y constructivo de transformación a su interior. Esta modalidad de análisis corresponde a lo que algunos autores identifican con una perspectiva *constructivista de la empresa* (Pries, 1995). El segundo enfoque conceptual es el de la innovación, entendida en términos genéricos como la implementación, con éxito, de un producto o proceso nuevo, significativamente mejorado en el mercado o en una empresa, o la implementación de cambios organizativos o de *marketing* que normalmente implica la generación de valor agregado

o la mejora de cualquiera de las actividades de la empresa (OCDE, 2005). Cabe señalar, sin embargo, que el carácter dinámico de las transformaciones industriales del sector automotriz obliga a diferenciar diversos tipos de innovación que están presentes en el desarrollo de cada una de las etapas que definen la trayectoria de la ensambladora. Y, el tercero, es el enfoque de aglomeraciones, que aduce a las ventajas competitivas que ofrecen los factores de proximidad entre las firmas, bajo condiciones territoriales de localización específicas donde se generan interacciones virtuosas para la transmisión del conocimiento, disponibilidad de servicios especializados, innovación y crecimiento. Todo ello como resultado de las estrategias seguidas por las distintas empresas participantes (Glaeser, 1998).

En seguida se examinan algunos términos discutidos en la literatura sobre el tema de la innovación y se identifican los modelos más comunes utilizados por las empresas manufactureras en general y por la industria automotriz en particular. Posteriormente, se construye un esquema formal de relaciones explicativas a partir de tres etapas, en las que se incorporan los indicadores centrales que permiten identificar y sugerir en término de relaciones funcionales los mecanismos de construcción que caracterizan el modelo de innovación de Ford Motor Company de Hermosillo. Con esta idea se pretende contar con una propuesta analítica que posibilite hacer comparaciones con otras ensambladoras que funcionan con base en el desarrollo y consolidación de formas similares de aglomeración.

El paradigma tecnológico de la innovación automotriz

Gran parte de la literatura generada en los últimos años resalta cómo es que las nuevas tecnologías de producción y los métodos de organización de proveedores y control de materias primas en la industria automotriz han representado, efectivamente, una nueva etapa de reestructuración industrial cuyo eje central no sólo consiste en llevar a la práctica la reducción eficiente de costos y la producción flexible, sino también el aprendizaje organizacional y la innovación.

Si bien la difusión de los métodos de gestión de la eficiencia técnica y productiva ha sido desigual y contradictoria dependiendo de las regiones y las circunstancias, éstos pretenden ser hegemónicos y homogeneizantes al trascender fronteras culturales y, con ello, enganchar la diversidad de prácticas productivas en un destino único. Estos argumentos sugieren que en la mayor parte de las empresas ensambladoras dichas pretensiones han sido posibles en la medida en que los avances más recientes de la microelectrónica y la informática han producido una nueva base material de convergencia tecnológica en la que un número cada vez más grande de procesos y productos requiere diversas formas

de aplicación de la tecnología de los microprocesadores. Dicha tecnología provee una infraestructura común para los procesos de transmisión, procesamiento y reproducción de señales y símbolos a través de distintos dispositivos automatizados de manufactura flexible, que redefinen la naturaleza del conocimiento científico técnico acumulado por las empresas, con lo que se provoca un cambio de grandes dimensiones orientado a la innovación y a la transformación de las culturas organizacionales.

En el sector automotriz, en particular, desde el inicio de los años ochenta se resaltó, con especial énfasis, el impacto revolucionario de la microelectrónica en todos los ámbitos de la producción industrial. Se identificó a la revolución tecnológica con el uso del robot industrial, con las máquinas de control numérico, la computadora y los lectores de información *lasser*, entre otros. Su aplicación dentro de los procesos de fabricación de autos habría de provocar el perfeccionamiento de diversas técnicas de recolección, memorización y procesamiento de información, lo que, a su vez, permitiría una mayor flexibilidad y adaptabilidad de las líneas productivas ante variaciones en la demanda, así como la búsqueda de aumento del rendimiento del trabajo, el mejor control de los operarios y una mayor calidad de los productos. En esencia, dicha revolución tecnológica se entendería, en primer lugar, como una asociación funcional entre medios de trabajo mecánico y medios de procesamiento electrónico orientados a una nueva y diferente gestión del conjunto de tareas en el proceso productivo; en segundo lugar, como una asociación funcional entre medios de circulación y medios de procesamiento electrónico para facilitar y agilizar la circulación de piezas y productos; y en tercero, como la unión de las dos anteriores, lo que de suyo habría de constituir una revolución de las fuerzas productivas y no simplemente de cambios tecnológicos graduales.

Durante poco más de tres décadas, la adaptación y perfeccionamiento de los avances científico técnicos en el ámbito de la producción manufacturera, han ido generando nuevos espacios de innovación para las ensambladoras de autos y una carrera permanente en la búsqueda renovada y diversificada de fuentes de ganancia. La consecuencia inmediata ha sido la incorporación cada vez más generalizada de dispositivos inteligentes que utilizan protocolos de comunicación mucho más sofisticados; esto es, el software o computadora, conectado a una densa red de componentes electrónicos integrados que permiten el flujo de información y de energía. Según Lara (2014: 12, con base en Hardung, 2008), "el 90% de la innovación que se produce en la industria automotriz se relaciona con los componentes electrónicos, 80% de los cuales están vinculados al software". Otra de las innovaciones más visibles está en la búsqueda permanente de energías limpias menos contaminantes para producir motores alternativos que sustituyan los motores de

gasolina convencionales, lo que ha dado paso a la producción en menor escala de los llamados automóviles híbridos y eléctricos. Todo ello estaría significando grandes inversiones en I&D de parte de los fabricantes europeos, japoneses y estadounidenses que se disputan estos nichos de mercados emergentes, hacia donde probablemente se dirige el futuro de la industria automotriz.

Modelos de gestión de la innovación en la industria automotriz

Los conceptos de innovación

En el ámbito académico, y de la investigación científica en particular, lo anterior ha estimulado, entre otros aspectos, la discusión acerca del papel de la innovación en el desarrollo científico técnico y su relación con la competitividad de las industrias de las naciones (Porter, 1990); con la derrama tecnológica y de conocimientos por parte de las empresas multinacionales hacia las regiones de bajo costo de la mano de obra (Carrillo y Hualde, 1996; Carrillo, 2011); con las fuentes y mecanismos de absorción de conocimiento de parte de las pequeñas y medianas empresas (Cullino et al., 2013); así como con el bienestar social, los salarios y la calidad del empleo (Sandoval, 2003; Bensusán y Carrillo, 2016; Covarrubias, 2016). Desde entonces han surgido numerosas conceptualizaciones que ponen acento en diferentes aspectos de las dinámicas organizacionales, del desarrollo tecnológico, de las estrategias de ganancia y de las relaciones entre las empresas con los centros de investigación, las universidades y los gobiernos. Algunas sugieren entender la innovación como parte de un proceso continuo de conocimiento, en el cual a partir de una idea, invención o reconocimiento de una necesidad, la empresa desarrolla un producto, técnica o servicio útil, comúnmente aceptado a nivel comercial (Gee, 1981). En el mismo sentido, como una idea o conjunto de ideas exitosas traducidas por primera vez en forma de nuevos o mejores productos, servicios o técnicas de gestión y organización, inscritas en un determinado periodo y lugar (Pavón e Hidalgo, 1997). Otros estudios asocian la innovación con las estrategias organizacionales como un cambio que requiere un considerable grado de imaginación enfocado en generar una rotura relativamente profunda con la forma establecida de hacer las cosas y con ello crear, fundamentalmente, nuevas capacidades para la organización (Nelson y Winter, 1982). Hay quienes priorizan el ámbito tecnológico, en el sentido de cambios técnicos frecuentes, repetidos y novedosos, o bien, como un conjunto de etapas técnicas, industriales y comerciales que conducen al lanzamiento con éxito en el mercado de productos manufacturados, o como la utilización comercial de nuevos procesos técnicos (Pavón e Hidalgo,

1997). Otros más, simplemente la definen como la aplicación industrial de conocimientos científicos y tecnológicos; es decir, como el cuerpo de conocimientos relacionados con las técnicas (Freeman y Soete, 1997).

En los últimos diez años, la definición que quizá ha cobrado mayor consenso es la de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) que, en su Manual de Oslo del año 2005, define la innovación como la implementación con éxito de un producto o proceso nuevo, significativamente mejorado en el mercado o en una empresa, o bien, como la implementación de cambios organizativos o de *marketing*. Con una clara influencia shumpeteriana,[2] aquí la innovación no aparece exclusivamente asociada con la tecnología e investigación, sino que supone algo nuevo o inexistente que normalmente implica la generación de valor agregado o la mejora de cualquiera de las actividades de la empresa o del mercado. Los mecanismos pueden ser generados por la clientela que solicita un producto exclusivo que no puede encontrar en el mercado, por reglamentos y normas, por iniciativa del departamento de I&D o de marketing, o por empleados que ven oportunidades de mejora en el producto, en el proceso, o en las herramientas de trabajo o equipo.

Cabe señalar que esta última definición ha sido utilizada recientemente como referente de numerosos estudios sobre el tema, incluyendo algunos trabajos sobre la industria automotriz de México (Bensusán y Carrillo, 2016). Sobre esta base, incluso, se habla de una innovación abierta (Ili et al., 2010), más o menos dominante entre las empresas automotrices, que tendría como característica la integración de distintos métodos y oportunidades para explotar tecnologías, cuya base de conocimiento depende cada vez más de fuentes externas de innovación. Ésta hace hincapié en el hecho de que las ideas, los recursos y los individuos fluyen dentro y fuera de las organizaciones. Con dicha conceptualización se sugiere establecer una diferencia entre dos tipos de innovación abierta: *de entrada*, donde las nuevas ideas fluyen hacia una organización, y *de salida*, donde las organizaciones pueden echar mano de las tecnologías ya existentes con modelos de negocio que se adaptan mejor para comercializar una tecnología dada, sin tener que efectuar grandes inversiones en I&D (Ili et al., 2010). Por la magnitud del cambio, ambas se asocian a innovaciones de tipo radical, disruptiva o incremental. La primera, para hacer referencia a un nuevo sistema, producto, proceso o tecnologías, los cuales, en su totalidad o en parte, representan un importante paso adelante para una

[2] Desde las primeras décadas del siglo pasado, interpretaciones como la de Schumpeter (1939) han marcado un punto de referencia de numerosas investigaciones al considerar la innovación como sistemas que articulan diversos componentes, de lo cual se desprenden prototipos de innovación orientados a nuevos productos, nuevos procesos, nuevos métodos de producción, nuevas fuentes de proveeduría, explotación de nuevos mercados y nuevas formas de organización.

industria, en particular en cuanto a calidad del producto, ahorro de costos, o en la seguridad de los trabajadores. La segunda consiste en algo nuevo, al igual que la innovación radical, pero en este caso, desplaza a productos o tecnologías de productos o procesos dominantes. La tercera se refiere a ciertos cambios para reforzar o mejorar las características de algún producto, proceso o servicio (Ili et al., 2010; Gutiérrez et al., 2015).

Aunque todo parece indicar que las prácticas actuales de mejora continua y cambio tecnológico apuntan hacia la innovación abierta, se discute el hecho de si en algunas empresas automotrices que incorporan nuevos productos, procesos o sistemas que tienen su origen en otras empresas, la innovación radical podría ser considerada, simplemente, como un proceso de modernización (Ili et al., 2010). Más aún, se cuestiona el hecho de que en las prácticas actuales de algunas corporaciones automotrices, según apuntan Zapata y Nieuwenhuis (2010), podría estar dominando un tipo de innovación cerrada, ya que los departamentos de I&D y sus modelos de negocios siguen mayormente enfocados en el uso y desarrollo de capacidades propias, en lugar de utilizar y aprovechar las ideas externas generadas por otras organizaciones.

Modelos y trayectorias de innovación

Para la práctica de las empresas automotrices, la propuesta de un sistema abierto de innovación cobró sentido incluso antes de que los desarrollos conceptuales en esta materia lo marcaran como una tendencia más o menos definida. Así, por ejemplo, Cole (1994) interpretó el llamado "paradigma japonés de control de calidad" y el JIT, como parte de un modelo general abierto de acercamiento al aprendizaje organizacional, por lo que la mayor parte de las empresas automotrices que, a finales de los ochenta, competían por acaparar mayores cuotas del mercado mundial de autos, habrían emprendido una carrera orientada a apropiarse del conocimiento científico técnico generado en esos años. Esta posición, compartida por Aoki y Dore (1994), confirmó que tanto la variabilidad de trayectorias como la integración de elementos técnicos pertenecientes a un *sistema abierto*, se correspondía con la dinámica de las empresas de origen japonés, estadounidense y europeo.

Cabe señalar que durante esa década, principios como el JIT y el CTC fueron incluso utilizados para representar los componentes esenciales de un sistema de manufactura dominante altamente flexible, que definía las relaciones entre manufacturero y proveedores como un modelo de producción hacia atrás (*pull-demand*

system), por oposición al esquema de producción hacia adelante (*push-supply system*) (Kaplinsky, 1991). Esto es lo que algunos autores (Rothwell, 1994) interpretaron como procesos de innovación de segunda y primera generación, respectivamente. Ambos fueron utilizados en su momento para explicar no sólo la brecha tecnológica entre países y las diferencias en las tasas de crecimiento, sino además, las potencialidades de la innovación manufacturera, no obstante que se trataba de modelos lineales donde la ciencia y el conocimiento eran representadas como parte de una secuencia ordenada. De hecho, no eran muy diferentes de los llamados modelos por etapas, en los cuales los proceso de innovación eran definidos por el departamento de I&D para después pasar por los departamentos involucrados en el proceso de generación de un producto o servicio.

Ciertamente, numerosos estudios destacan que en las dinámicas de las empresas lo que, en realidad, podía observarse, eran prácticas interactivas de ida y vuelta entre capacidades, tecnologías y necesidades de mercado, que funcionaban a través de distintas etapas de innovación, lo que algunos interpretaron como modelos mixtos (Hidalgo, León y Pavón, 2002), de cadena-eslabón (Kline y Rosenberg, 1986), interactivos o de tercera generación (Rothwell, 1994).

No obstante, los procesos de mayor cooperación y asociación productiva entre las industrias y las empresas, aunado a la globalización económica, abrieron paso a los llamados modelos de integración (o de cuarta generación) que en esencia mantenían las características de los modelos secuenciales, pero incorporaban procesos retroactivos de comunicación entre distintas etapas a través de procesos solapados o incluso concurrentes o simultáneos, con tendencia a centrarse en las necesidades tecnológicas y del negocio (Hidalgo, León y Pavón, 2002).

Más recientemente, las investigaciones sobre innovación apuntan hacia la difusión de modelos abiertos, de quinta generación, también llamados modelos en red o de integración de sistemas y establecimiento de redes, utilizados actualmente para profundizar en el aprendizaje organizacional que se obtiene de recursos internos y externos de las empresas, con base en el hecho de que la innovación es un proceso distribuido en una especie de red abierta, integrada y funcional para los propósitos de la competencia.

Los modelos de red, los conglomerados industriales y las conductas de las firmas

Estas nuevas habilidades organizacionales y decisiones gerenciales entrelazadas en torno de la absorción y aplicación de nuevos conocimientos han dado surgimiento

a las llamadas redes de innovación, como parte de un modelo de interacciones abiertas y cooperativas entre las empresas, condicionadas mayormente por la creciente complejidad tecnológica de los procesos y los productos, y por la necesidad de externalización y de servicios. Las redes de innovación pueden ser caracterizadas como procesos de construcción permanente que acontece en múltiples espacios de manera asincrónica y que funcionan como sistemas abiertos, multicéntricos y heterojerárquicos, a través de la interacción, el intercambio dinámico y diverso entre los actores, en los que cada uno se enriquece a través de las múltiples relaciones que desarrolla con los otros, optimizando los aprendizajes al ser éstos socialmente compartidos (Gutiérrez et al., 2015). Pueden ser de distinta naturaleza, de acuerdo con el tipo de participantes involucrados, con los objetivos de la asociación, el ámbito espacial y la base regulatoria o normativa que soportan. Así, podemos encontrar redes de innovación operando a nivel internacional, nacional, regional o local, con fines de información, de innovación, o de servicios tecnológicos, entre otros. También pueden constituirse como redes de tipo formal o informal, ya sea que se distingan por establecer acuerdos, convenios o contratos de algún tipo o porque estén basadas en acuerdos que carecen de un marco formal explícito (Gutiérrez et al., 2015). En este sentido, para el caso del sector automotriz, la red puede ser interpretada como una forma de organización sociotécnica con fines económicos y características propias, que repercute sobre diferentes aspectos de las relaciones entre las empresas y sus actores para potenciar o compartir experiencias, conocimientos, información, aprendizaje y resolución de problemas, en gran parte orientada al mejor funcionamiento entre ensambladoras y proveedores para reducir los costos de innovación y desarrollo.

Esta forma de organización sociotécnica, aunque es abierta y funcional al interior de las cadenas de valor global, se reproduce con particular facilidad al interior de las aglomeraciones económicas territoriales, que normalmente asumen la forma de conglomerados industriales o clústers para explotar las ventajas de proximidad entre las firmas bajo condiciones de localización específicas. Generalmente, operan con apoyo de los sectores industriales y comerciales (proveedores intermedios, proveedores de bienes de capital, productores de servicios, consultores, contratistas de I&D); de los sectores relacionados (tecnologías similares, demanda de capacidades similares de la mano de obra, estrategias similares); y con sostén de las instituciones de soporte privadas o del Estado (educativas, de capacitación, I&D, agencias de desarrollo, agencias reguladoras) (Feser y Sweeney, 2006). La lógica de organización de dichos conglomerados, tal como se conoce actualmente en la industria automotriz, no es otra que la ruta de desarrollo

hacia los "centros de producción especializados" (Feser y Renski, 2000), también llamados de "responsabilidad regional" (Bordenave y Lung, 2003), o *motor cities* (Cullino et al., 2013). En la parte superior, grandes proveedores ofrecen sistemas complejos de componentes de alto contenido tecnológico, en tanto que otras de menor tamaño sirven de apoyo en la generación de innovaciones a la cadena de valor. Estos vínculos representan la mayor parte de las interacciones directas entre los fabricantes de automóviles y proveedores, en un contexto de proximidad geográfica altamente funcional donde se concentran las actividades intensivas en conocimiento. De acuerdo con su grado de desarrollo, estos centros pueden ser potenciales, emergentes o consolidados, siempre vinculados con las cadenas de valor sectorial e industrial en el ámbito del desarrollo de una geografía local y regional. Como parte de este modelo, la innovación en el sector automotriz habría representado en el año 2005, alrededor de 20% de todos los gastos de I&D, tan sólo en Europa (Cullino et al., 2013).

Es por eso que entre el conglomerado y la red, como formas específicas de organización de la industria automotriz, sólo puede existir una interacción bivalente que retroalimenta un número significativo de interacciones virtuosas para la transmisión o generación de conocimiento, innovación, disponibilidad de servicios especializados y crecimiento. Juntos conforman un sistema industrial que genera beneficios tangibles orientados a la reducción de costos de intercambio, aceleración del flujo de capital circulante, generación de habilidades a bajos costos de trabajo, solidaridad basada en intereses comunes y creación de una cultura empresarial sustentada en el aprendizaje organizacional, entre otros aspectos.

En el desarrollo de estas prácticas, es posible observar la transición hacia un rápido cambio organizacional que es inducido no sólo por el incremento de la complejidad y variabilidad del entorno, sino también por el deseo de las empresas de apropiarse de formas de aprendizaje más exitosas. Se observa, sobre todo, nuevas formas de gestión que demuestran el desarrollo conjunto de la creación y el rediseño, el cambio tecnológico, el control de la calidad de los productos y los incrementos en productividad. Esta forma de funcionamiento ha permitido a las armadoras automotrices evolucionar, sobrevivir y competir con otros conglomerados o redes nacionales e internacionales.

Todo parece indicar que la actividad innovadora reciente en el ámbito automotriz ha sido resultado de un conjunto de habilidades organizacionales y decisiones gerenciales entrelazadas, coyunturales y de largo plazo, que determinan la capacidad diferenciadora y obtención de ventajas competitivas dinámicas entre las empresas; tanto por la manera en la que adquieren, asimilan, transforman y

explotan el conocimiento absorbido de diferentes fuentes, como por la experiencia propia acumulada entre ellas. De hecho, la adquisición y asimilación del conocimiento se ha convertido en una habilidad fundamental de las corporaciones automotrices para desarrollar estrategias diferenciadas en varios niveles, las cuales permiten responder a las cambiantes condiciones del ambiente mediante la innovación. Las presiones que ejercen las variaciones del mercado, las necesidades sobre incrementos en la producción, la búsqueda de la calidad total, los controles sobre emisiones contaminantes y los cambios tecnológicos constantes, entre otros, empujan a las industrias a la mejora continua como una fuente de conocimiento.

Si bien la forma que asume actualmente la organización industrial es muy similar entre las empresas, no se debe olvidar que los complejos se rigen por políticas independientes. En particular, cada ensambladora tiene una política de selección de proveedores que difiere de las demás, aun en aquellos casos en los que éstos pueden ser compartidos para abastecer un mismo componente o servicio. Incluso en el terreno tecnológico suelen existir diferencias marcadas entre ellas; todo lo cual se explica por la posición estratégica de cada ensambladora. En consecuencia, la reestructuración tecnológica y organizativa, tanto como la innovación, no es un proceso homogéneo entre empresas ni entre industrias, como tampoco lo es el diseño de las estrategias competitivas de las firmas. Existen múltiples casos en los que se observa un reacomodo defensivo con fines de supervivencia, como respuesta a las acciones particulares de sus rivales que reaccionan al mismo proceso de reestructuración, aun a costa de reducir su participación en el mercado y sus ganancias. Su comportamiento se guía según propósitos muy variados y entremezclados de éxito y supervivencia, contradiciendo con ello los argumentos estilizados en modelos teóricos matemáticos, según los cuales las conductas de las firmas se mueven exclusivamente con criterios maximizadores racionalistas. De hecho, los mecanismos utilizados por una firma que pretende mejorar su posición competitiva pueden diferir tanto en contenido como en sus efectos entre una estructura y otra, y de una a otra industria; incluso, como veremos enseguida, la innovación puede constituir la diferencia.

La innovación con base en el desarrollo de Centros de Consolidación de Proveedores

Mediante la reestructuración o la apertura de nuevas ensambladoras en todo el mundo y esquemas corporativos de asociación conjunta, durante la década de los

ochenta se instrumentaron nuevos modelos productivos que transformaron las culturas organizacionales y modificaron a la baja la estructura de costos salariales. En 1983, por primera vez en el mundo, se establecía la asociación competitiva entre General Motors y Toyota, para producir 250,000 vehículos subcompactos en Fremont, California. A lo señalado, Ford, un año después, respondió con su asociación con Toyo Kogyo de Japón (empresa que comercializa sus productos con el nombre de Mazda) para producir 130,000 subcompactos en Hermosillo. Chrysler hizo lo propio estableciendo acuerdos conjuntos con Mitsubishi para producir en México los modelos Dodge Shadow y Plymounth Sundace. Para las firmas japonesas que se establecieron en Estados Unidos bajo este esquema, la eliminación de cuotas de producción establecida en años anteriores y una demanda en ascenso por parte de los consumidores estadounidenses por autos ahorradores de gasolina, representaba una de las principales motivaciones para acceder al mercado de ese país. Para las compañías estadounidenses, en cambio, el acceso a nuevos dispositivos tecnológicos y el aprendizaje de renovados métodos de trabajo flexibles orientados a incrementar la productividad y la eficiencia, constituían la razón esencial al momento de establecer *Joint-Ventures*. Desde entonces, la estrategia de asociaciones y acuerdos corporativos empezó a marcar el rumbo de numerosas experiencias que han hecho surgir nuevos retos para la competencia, a la vez que generó un escenario donde la innovación ha venido desempeñando un rol de supervivencia entre las firmas.[3]

Las relaciones de cooperación que Ford Motor Company estableció con Mazda en 1984 han tenido una importancia capital para su reestructuración en el mundo. Su relevancia estriba en el reforzamiento de integraciones regionales, al poner en correspondencia áreas productivas y áreas de comercialización con el fin de organizar los flujos de productos y de información, dependiendo de las regiones del planeta. Actualmente, las cuatro regiones en las que Ford basa su estrategia global son América del Norte, América Latina, Asia Pacífico y Europa. Cada una desarrolla sus propios modelos, esforzándose en compartir los principios y dispositivos tecnológicos comunes a la firma, a través de los cuales se refuerza la competencia sobre la base de las especificidades locales. Este proceso de regionalización conlleva a la vez una unificación regional de gran alcance y una división espacial del trabajo a nivel intrarregional, lo que la ubica como una organización con un enfoque "regionalizado/continentalizado",

[3] Un trabajo reciente de Vallejo (2016) muestra numerosas experiencias de *Joint-Ventures* con fines de innovación de las multinacionales automotrices en el mundo.

a pesar de que continúa reafirmando el principio de "plataforma global" (Bordenave y Lung, 2003).[4]

Este enfoque, que pareciera ser similar a la forma de reestructuración que han asumido otras corporaciones estadounidenses, después de los ochenta, conlleva, sin embargo, una vía específica como modelo productivo y una trayectoria particular en términos de mejora continua en todos sus procesos. Ford ha puesto en práctica un modelo global interactivo de innovación para impulsar los encadenamientos regionales y la integración con proveedores con base en los llamados "centros de consolidación" o de "responsabilidad regional", anunciados en septiembre de 1987 (Bordenave y Lung, 2003). Éstos fueron diseñados para apoyar los procesos de integración local y dirigir a escala mundial la repartición de las labores de concepción y el desarrollo de nuevos productos que constituyen la fuente principal de acceso al conocimiento externo. La idea ha sido dotar al conjunto de la firma de capacidades innovadoras dinámicas de largo alcance con base en el aprendizaje y competencias complementarias. Estos centros de responsabilidad regional han marcado una especialización de los sitios productivos al mismo tiempo que se han constituido en el eje central de las redes de cooperación.

En el caso de Hermosillo, en el curso de tres décadas, la posición de las empresas proveedoras a lo largo de la cadena de suministros, tanto como la cercanía geográfica con la planta, así como el grado de integración regional del conglomerado, han determinado la fuerza y complejidad de las interacciones que apoyan los procesos de innovación. Asimismo, la proximidad geográfica ha estimulado la interacción entre las empresas y el intercambio de conocimiento tácito. Como veremos enseguida, lo anterior ha dado como resultado una trayectoria de innovación diferenciada que refleja tres etapas o escenarios distintos: una de despegue, otra de reestructuración y reingeniería, y una última de integración y consolidación (tabla 1).[5]

[4] La firma cuenta con actividades de estampado, ensamble, producción de motores y componentes automotrices en 23 países del mundo.

[5] La inversión inicial de 500 millones de dólares para su etapa de lanzamiento en 1986 generó 700 empleos directos y exportaciones de 130 mil autos anuales en promedio. En 2004, la inversión aumentó en 1,200 millones de dólares y 1,600 empleos, con una capacidad anual de exportación de 165 mil vehículos. Posteriormente, en 2012, un incremento adicional de 1,370 millones de dólares aumentó de nuevo su capacidad productiva a 300 mil vehículos anuales, llegando a generar poco más de 3,000 empleos directos.

Tabla 1. Planta Ford de Hermosillo (1986-2015): innovación con base en Centros de Consolidación y Responsabilidad Regional

	Centro de consolidación Hiroshima (1986-1989)	*Centro de consolidación Detroit (1990-1999)*	*Centro de consolidación Hermosillo (2000-2016)*
Etapa-producto	Despegue - Modelo CT 18, *Tracer*	Reestructuración y reingeniería - Modelos CT 20 *Escort*, CT 120 *Escort-Coupe* y CT 170 *Mystique, Contour* y *Focus*	Integración y consolidación - Modelos CD3 *Fusion*; CD4 *Fusion, Lincoln* MKZ y *Mercury Milan*
Enfoque de innovación	Orientado al control del producto	Orientado al control del producto y reingeniería del proceso	Orientado al control del producto, del proceso y a la consolidación de proveedores
Fuentes de absorción del conocimiento	Predominantemente externas	Externas e internas a la empresa	Externas e internas a la organización
Utilización del conocimiento	Con base en el conocimiento captado, reproducido en documentos y manuales	Con base en el conocimiento captado y el conocimiento tácito	Con base en el conocimiento captado, tácito y "comunidades de práctica" comunes a la organización
Transferencia del conocimiento	A través de relaciones inter corporativas	A través de relaciones inter corporativas y red de proveedores	Redes heterojeráquicas, creación de *spin off*
Programas de mejora continua	(PIR) Programa de integración y retroalimentación "asociación Mazda" y "números oficiales Mazda" (2,100)	FTPM, FES, SHARP, PULSO, SOP y PAC (planeación avanzada de la calidad) y "números oficiales Ford" (4,700)	Programa ONE Ford corporativo "números oficiales corporativo" (6,002)
Modelo de fabricación	Pull Demand Sistem	Pull demand Sistem y modelos mixtos	Modelos de integración secuenciales y retroactivos
Innovación tecnológica	2,100 partes y componentes (uso de dispositivos electrónicos autónomos o aislados)	4,200 partes y componentes (transición a la integración de dispositivos electrónicos)	6,002 partes y componentes (transición a la integración de sistemas electrónicos complejos y adaptables)
Dispositivos de innovación	Secreto tecnológico y retención de patentes	Programa de ideas efectivas	Programa 0/100 dirigido a ingenieros, Promoción de *spin off*
Tipos de innovación	De salida (utilización de tecnologías ya existentes con modelos de negocio que se adaptan a la empresa)	De entrada (adaptación y generación de nuevas ideas) y de salida	De entrada y salida

Continúa...

Tabla 1. Planta Ford de Hermosillo (1986-2015): innovación con base en Centros de Consolidación y Responsabilidad Regional

	Centro de consolidación Hiroshima (1986-1989)	*Centro de consolidación Detroit (1990-1999)*	*Centro de consolidación Hermosillo (2000-2016)*
Redes de innovación	Interacciones cooperativas entre dos empresas líderes operando primordialmente a nivel internacional bajo el modelo JIT en condiciones de alta contingencia (18% de integración nacional)	Interacciones abiertas y cooperativas entre un núcleo de empresas afines a la empresa líder operando primordialmente a nivel internacional bajo el modelo JIT en condiciones de contingencia controlada (30% de integración nacional)	Interacciones abiertas, cooperativas y heterojerárquicas entre un núcleo amplio de empresas operando primordialmente a nivel regional bajo el modelo JIT en condiciones de contingencia controlada (integración de 65 a 70%)
Soportes institucionales para la innovación	Donación de terrenos, creación de gaseoducto y facilidades logísticas de transportación de materia prima	Creación de institutos tecnológicos para la capacitación de personal	Creación de parques industriales inteligentes, programa universidad-industria y políticas de retención de capitales
Características y modelo de innovación	Semiabierta y adaptativa, con relaciones jerárquicas compartidas para la integración de métodos distintos y oportunidades para explotar conocimiento	Abierta e incremental, con relaciones jerárquicas centralizadas para la integración de métodos distintos y oportunidades para explotar conocimiento	Abierta e incremental, con integración de ideas y métodos distintos para explotar conocimiento
Modelo productivo	Híbrido, enfocado a la reducción de costos y al aprendizaje organizacional	Híbrido, enfocado a la reducción de costos, al aprendizaje organizacional y a la flexibilidad	Híbrido con desprendimiento de la base, cimentado en la flexibilidad y la innovación

La innovación con base en el Centro de Consolidación Hiroshima

Como observamos en líneas anteriores, la literatura especializada ha identificado diferentes tipologías que distinguen la innovación. Una de ellas hace alusión a nuevos productos, nuevos procesos, nuevos métodos de producción, nuevas fuentes de proveeduría, explotación de nuevos mercados y nuevas formas de organización. El modelo productivo de Ford implementado a mediados de los ochenta reunía todas estas características. La fabricación del modelo *Tracer* entre 1986-1989, era el nuevo producto fabricado con renovados métodos de producción y trabajo con el que Ford entraba a la competencia de autos subcompactos ahorradores de gasolina. La transferencia y el *know how* tecnológico provenían de Mazda y de su núcleo de proveedores de primera línea establecidos en Japón.

La manera de implementar el modelo de jalón (*pull system*) con base en el justo a tiempo se estableció a partir de lo que se conoció como el centro de consolidación de la ciudad de Hiroshima, que cubría la ruta Hiroshima-Guaymas-Hermosillo. Los proveedores japoneses enviaban el material con base en el justo a tiempo, de la misma manera que el resto de los proveedores mexicanos y estadounidenses lo hacía hacia Hermosillo justo a tiempo. Después de dieciocho días en el mar, los contenedores eran descargados en Guaymas y enviados a la planta diariamente, en la misma secuencia en la que habían sido cargados en Hiroshima. Algo único que caracterizó la fabricación del *Tracer* en esos años, a diferencia de otros modelos de la organización, fue, precisamente, la implementación del JIT, hecho que inicialmente fue considerado por la propia gerencia como algo difícil de lograr, ya que el traslado de la mayor parte de los componentes y materiales habría de recorrer una distancia de ocho mil millas en un lapso de dos semanas y media.

Entre 1986 y 1990, 7% del material fue de origen estadounidense; 18% producido en México y 65% de origen japonés. Esto, con el apoyo de 29 proveedores mexicanos (localizados en el centro de México, Monterrey y la frontera norte), comparado con 46 ubicados en Estados Unidos y dos en Japón. Alrededor de la planta se concentraron sólo doce proveedores de primera línea que abastecían asientos, pintura, arneses y cinturones, entre otros. Las interacciones en información y conocimiento al interior del complejo eran todavía débiles, escasas y subordinadas, debido a que *Mazda suport*, con sólo dos compañías, proveía la mayor parte de las partes y componentes automotrices desde su base en Hiroshima[6] e imponía el programa de retroalimentación "números oficiales Mazda" con el que

[6] En esta etapa, la responsabilidad de Mazda concernía no solamente a la definición de los productos, sino también a aquellos procesos de fabricación y a la búsqueda de fuentes de aprovisionamiento únicos a escala mundial.

se debían incorporar 2,100 autopartes y componentes electrónicos. Como consecuencia, la capacidad de absorción de conocimiento de parte de Ford estaba restringida en mayor medida a la capacidad de adaptación de los dispositivos tecnológicos y métodos de trabajo impuestos por su socio japonés, quien se reservaba el secreto tecnológico y la retención de patentes. En ese sentido, durante esta etapa, es posible hablar de un tipo de innovación *semi abierta*, con relaciones jerárquicas compartidas, enfocada básicamente en la experimentación, mediante la construcción de un nuevo producto con nuevas ideas, con métodos distintos integrados y oportunidades para explotar nuevo conocimiento. Una innovación *adaptativa*,[7] con estrategias de aprendizaje organizacional basadas en el conocimiento proveído por Mazda, a través de documentos, manuales y asesoría especializada, pero con redes cooperativas operando, primordialmente, a nivel internacional bajo el modelo *just in time*.[8] Ciertamente, las condiciones de alta contingencia que rodeaban el modelo productivo constituían una característica distintiva. Las imprecisiones y falta de coordinación en el suministro de materias primas y componentes derivado de las distancias y una selección de proveedores poco entrenados en los nuevos métodos productivos, aunado a un ambiente laboral de inconformidad salarial, alta rotación del trabajo, boicot a las unidades productivas, paros y huelgas debilitaban la actividad innovadora.

La innovación con base en el Centro de Consolidación de Detroit

Para fortalecer los procesos de innovación, en consecuencia, debía orientar sus esfuerzos gerenciales en un mayor control del producto y del proceso. Ya no bastaba

[7] Utilizamos este término para salvar la discusión sobre el hecho de que en algunas empresas automotrices que incorporan por primera vez nuevos productos, procesos o sistemas que tienen su origen en otras empresas, tal como sucedió en esta etapa, la innovación podría ser considerada simplemente como un proceso de modernización.

[8] En general, las diferencias en la relación proveedor-usuario entre Ford y la antigua empresa típica fordista, estriban en la forma en la que establecían los contratos de compraventa, donde el bajo precio resultaba el principal atractivo y la calidad era determinada por el proveedor, además de que los mecanismos para intercambiar información estaban desligados de la concepción del producto, lo que impedía la retroalimentación. Asimismo, era responsabilidad del proveedor desarrollar sus procesos y velar por sus estrategias de cambio tecnológico. Así, la interconexión entre ensambladora y proveedores de autopartes estaba concebida a partir de una relación en la que ambas guardaban una gran independencia. Esta primera etapa fue decisiva para superar gran parte de estas desventajas, pues con esta nueva experiencia su estrategia productiva se encaminaba a la asimilación de la incertidumbre del entorno con base en la construcción de sistemas más abiertos, así como formas de organización más estables, integradas, funcionales y eficientes para procesar información.

con enfocarse en el lanzamiento de un nuevo modelo y aceptar pasivamente los dictados de Mazda, la innovación debía ser concebida, tal como lo sugieren Ili y colaboradores (2010), como un cambio que requiere un considerable grado de imaginación estratégica, orientado a reforzar y mejorar las características del producto, del proceso y los servicios; esto es, en el sentido de una *innovación incremental*. El primer paso fue que, a partir de 1990, el origen de las compras cambió radicalmente de 7% a 75% para el caso de Estados Unidos; de 18% a 5% para México[9] y de 65% a 18% para el caso de los proveedores de Japón. Este cambio se vio favorecido por las reglamentaciones impuestas por la Regulación Federal de Economía de Combustible (CAFE, por sus siglas en inglés), que estipulaba que 75% del valor de las partes debía ser de origen estadounidense. Asimismo, a partir de esa fecha, los vehículos serían producidos bajo el programa de "números oficiales Ford", que sustituía al programa de "números oficiales Mazda", e incrementaba en poco más del doble el número de partes y componentes requeridas de 2,100 a 4,700. También se ampliaría la cobertura de partes y componentes desde España y Canadá (*Tiempo Ford*, 1989).

Con estas disposiciones, el centro de consolidación de materiales se mudó a Detroit para cubrir la ruta Detroit-Chicago-Kansas-El paso-Tucson-Nogales-Hermosillo, con una duración menor en tiempo de traslado en comparación con el centro de consolidación de Japón. La ruta de recorrido de las partes producidas en dicho país que debían ser enviadas a la planta Ford, cambió del puerto de Guaymas a Long Beach, California, para después pasar a Ensenada y de ahí a Hermosillo por carretera. En un lapso de diez años se produjeron los modelos CT 20 Escort, CT 120 Escort-Coupe y CT 170 Mystique, Contour y Focus, estos últimos casi al finalizar la década.

En esta etapa, conocida como de reestructuración y de reingeniería, la *mejora continua* se convertiría en la característica distintiva que involucraba todas las actividades y programas relacionados con la manufactura, el diseño y el desarrollo del producto; lo anterior, para establecer una sólida relación entre la eficiencia productiva y la calidad total, a partir del mantenimiento del equipo, la seguridad laboral y el control de los proveedores. Desde sus inicios en 1990, la mejora continua sirvió como el principio fundamental de la innovación para medir los avances y la competencia con otras plantas, y como el indicador que marcaba la diferencia en todas las actividades de gestión de la calidad propias del modelo productivo de Hermosillo. Durante los siguientes años, ello permitiría a la empresa reducir los periodos de producción, contener los tiempos muertos e improductivos, asegurar la uniformidad y calidad del producto, incrementar los

[9] En 1996 cambió a 33% para el caso de México y disminuyó en la misma proporción para Estados Unidos.

niveles de productividad laboral y obtener menores costos unitarios en una producción de gran escala.

Desde entonces, el principio de mejora continua no sólo ha permitido unificar estrategias y objetivos comunes en todas las áreas y departamentos, sino que también le ha dado un carácter innovador y reflexivo a la gestión de todo el proceso de fabricación; ello ha provocado que el personal de la planta se involucre de manera individual y grupal, que detecte problemas y aporte soluciones de diversa naturaleza. Precisamente, como una manera de echar mano del conocimiento interno, se registra un buen número de experiencias de trabajo que en distintos momentos han contribuido con los procesos de innovación. Una de ellas ha sido el programa de "Ideas Efectivas", instituido, justamente, en los años noventa. Según datos de la gerencia, al inicio de esta década se implementaron 58 ideas que correspondían a una participación promedio de 0.02 ideas por persona; en 1991 fueron 87 las ideas efectuadas, lo que elevó el promedio de participación a 0.04; en 1992 ascendió a 999 ideas, con una participación promedio por persona de 0.41, y para 1995 la cifra habría ascendido a 2,500 ideas, esto es, poco más de una por persona (Sandoval, 2003). Si bien es cierto que no todas aportaban conocimiento nuevo susceptible de ser patentizado, gran parte de ellas contribuía a la mejora del equipo, los tiempos de desplazamiento y la sincronía del proceso, todo lo cual fortalecía la actividad innovadora de la empresa. Con este programa, la gerencia aprovechaba así la capacidad de la fuerza laboral y su disposición para involucrarla en los programas de mejora continua y trasladó al piso de trabajo tareas que anteriormente eran propias de especialistas y por las cuales se pagaban grandes sumas de dinero que incrementaban los costos de producción.

Además de los programas anteriores, desde el inicio de esta etapa, Ford Hermosillo puso en práctica una serie de iniciativas y planes de manufactura con los que, hasta en años recientes, había venido reforzando su programa tecnológico de automatización, así como su política de integración y retroalimentación del proceso de fabricación. Algunas de estas iniciativas generadas de manera autónoma dentro de la planta han sido las siguientes: *a)* el Sistema de Mantenimiento Total Productivo de Ford (FTPM, por sus siglas en inglés), considerado el más importante iniciado en 1991 con el objetivo de mejorar el mantenimiento autónomo del equipo y la capacidad y eficiencia de producción; *b)* El Sistema Ambiental Ford (FES), instrumentado en 1994, alineado a la norma internacional del ISO 14001, con el que se buscaba mejorar la relación con el medio ambiente; *c)* el proceso para la salud y la seguridad (SHARP), iniciado en 1997, cuyo objetivo estaba enfocado en asegurar la integridad física y salud de los empleados en sus lugares de trabajo; *d)* el proceso PULSO Ford, orientado a la evaluación y satisfacción de los empleados con su trabajo; y *e)* el Sistema Operativo de Producción (SOP),

dirigido a integrar, coordinar, simplificar y dar más efectividad a la puesta en práctica de todas las iniciativas anteriores y a otras adicionales generadas posteriormente; todo ello con la finalidad de la mejora continua a través de cinco fases: estabilidad, flujo continuo, producción sincronizada, sistema de jalón (*pull system*) y producción nivelada.

De los dispositivos anteriores han dependido también otros programas sin los cuales la actividad innovadora de la empresa se hubiera visto limitada. Uno de ellos, implementado desde 1993, es el de Planeación Avanzada de la Calidad (PAC), organizado en forma de red sistémica y retroalimentada, que implica establecer circuitos de comunicación de carácter reflexivo para el control total de la calidad (CTC), esto es, mediante la evaluación, la retroalimentación y las acciones correctivas. El CTC ha estado ligado a la búsqueda de medidas concretas o procedimientos conducidos por los trabajadores con los cuales se pueda "construir la calidad dentro del proceso". Algunos de estos procedimientos están apoyados en la formación de círculos de calidad y círculos cero defectos, con autoridad para detener la línea de producción y la responsabilidad de responder a estándares internacionales. Entre las etapas que abarca están la selección de proveedores, los requerimientos de partes y componentes, las revisiones continuas al plan de diseño, planes de identificación, reportes de verificación, análisis de herramientas utilizadas, control de construcción del prototipo, información y especificaciones a los grupos, control de prelanzamiento, pruebas de producción, aprobación de partes requeridas y tiempo de producción.

Como puede observarse, bajo el principio de mejora continua, todos estos programas han estado orientados a generar una producción organizada en forma de red sistémica y retroalimentada para mantener la actividad innovadora de la planta y cumplir los objetivos de calidad y eficiencia productiva. Han representado parte de los métodos de control y medición de la eficiencia técnica y del trabajo, transferidos a la línea de ensamble a través de normas, reglas y principios que reflejan no sólo el *know how* de la empresa, sino además la intención de desarrollar y potenciar las habilidades de los técnicos mediante programas de entrenamiento permanente enfocados a promover una mentalidad innovadora. Para ello ha resultado fundamental el trabajo en equipo, representado en los grupos autónomos y semiautónomos, cuyo funcionamiento ha sido considerado el corazón de todo el sistema y un prerrequisito para el aprendizaje organizacional y la mejora continua.

En resumen, se puede decir que en esta etapa los procesos de innovación estuvieron marcados por interacciones mucho más abiertas, aunque con relaciones jerárquicas centralizadas para la integración de los distintos métodos de trabajo y oportunidades para explotar conocimiento. También se observa un tránsito de la

mera adaptación de los principios de Mazda a la generación de nuevas ideas, con especial énfasis en el conocimiento tácito, a nivel del piso de trabajo. La red de innovación se establece como un proceso de interacciones mucho más abiertas y cooperativas, que echa mano de modelos mixtos para organizar una serie de dispositivos de manufactura, transmisibles e igualmente funcionales entre el núcleo de empresas afines a la ensambladora. Todo ello, con encadenamientos de valor establecidos, primordialmente, a nivel internacional, bajo el modelo *just in time* en condiciones de contingencia controlada. Los errores, defectos, falta de coordinación y otros problemas en el suministro de materias primas y componentes dentro de la planta, fueron corregidos a través de una mejor selección de proveedores y mediante distintas estrategias de control de rutinas que exigían la mejora continua y el CTC. Adicionalmente, los paros, la huelga y la inconformidad laboral se vieron disminuidos como consecuencia de la formación de una organización sindical con mayor afinidad y acercamiento con los planes de la empresa.

La innovación con base en el Centro de Consolidación de Hermosillo

A pesar de los cambios registrados, hasta finales de los años noventa Mazda seguía siendo el soporte estratégico en las actividades de instalación de herramientas, mantenimiento, diseño, lanzamiento de nuevos modelos y asesoría técnica en general, todo lo cual fue constituyendo un ejemplo de incorporación permanente de tecnología avanzada y automatización. De hecho, todavía en 1998, la producción de un nuevo modelo se efectuó bajo la asesoría absoluta de Mazda y los proveedores japoneses, mientras que a la planta de Hermosillo le correspondió la coordinación, la planeación, instalación y certificación del herramental. Sin embargo, había que pasar de un enfoque de innovación basado en el producto y el proceso a otro más ambicioso basado en la organización (en el sentido de Hidalgo et al., 2002), concebido para extender al conjunto de la firma el dominio, reforzamiento y mejora de las actividades de concepción, diseño y procesamiento de los vehículos y las actividades de comercialización; además de aumentar la competitividad del recurso humano.

Al finalizar el siglo XX, la gerencia de la corporación anunciaría la producción de distintos modelos como una forma de ir disminuyendo su relación con *Mazda support* y empezar a fortalecer la relación con sus proveedores europeos, estadounidenses y mexicanos dentro del área de influencia de la planta de Hermosillo. Uno de los modelos anunciados en 1998 fue el denominado C 170, diseñado por Ford Europa, derivado de los avances conseguidos por la asociación lograda entre Ford y Volkswagen (autoeuropa) (*Tiempo Ford*, 1998). No obstante, la intención

de consolidar a Hermosillo como su principal centro de responsabilidad regional cobró fuerza hasta octubre de 2003, cuando autoridades del gobierno de México y del estado de Sonora, así como la gerencia de la empresa, anunciaron oficialmente un nuevo proyecto de expansión que tendría como base de lanzamiento el modelo "Fusion",[10] también conocido como "CD3". Éste habría de representar la nueva generación de los sistemas de manufactura flexible de Ford y el fortalecimiento de los encadenamientos productivos regionales en el norte de México, con una renovada red de proveedores localizados en un nuevo parque industrial contiguo a la planta[11] (Ford Motor Company, 2003).

El modelo Fusion sería el primero en utilizar una plataforma única que serviría de base para otros diez modelos y 800,000 unidades anuales de las marcas Ford, Lincoln y Mercury durante los siguientes años. Ello permitirá aumentar el volumen y mezclar productos más rápido a fin de satisfacer la demanda y la segmentación del mercado a través de inversiones mínimas, con lo que el sistema de producción flexible adquiría así su capacidad máxima. La nueva plataforma de producción fue concebida para impactar en el aprovechamiento de ventajas logísticas derivadas de su relación con proveedores de primera línea y, con ello, fortalecer sus redes de cooperación para lograr un justo a tiempo superior o cercano a 60%, cifra que representa los contenidos de integración regional mínimos obligatorios dentro de la región de Norteamérica.[12] Sobre la base de esta experiencia, en 2006, la gerencia general del corporativo lanza el programa ONE Ford que, en los años sucesivos y hasta el presente, habría de representar la estrategia global de la firma para satisfacer la demanda de vehículos fabricados con alta tecnología. A partir del año 2012, la idea de plataformas únicas para versiones de modelos distintos cobró mayor fuerza con el lanzamiento del proyecto CD4, para producir los modelos Ford Fusion y Lincoln MKZ, además de las versiones de vehículos

[10] Inicialmente, Ford Motor Company había tomado la decisión de lanzar el nuevo proyecto de expansión con el nombre del auto "Futura", no obstante, debido a una potencial controversia por el registro de marca con Pep Boys, empresa distribuidora de llantas a la cual pertenece el derecho del nombre, decidió cambiarlo por el de "Fusion" . Su lanzamiento al mercado de Norteamérica inició oficialmente el 10 de agosto de 2005 y se esperaba que el proyecto completo estaría en su máxima capacidad a partir de marzo de 2006, una vez que entraran en operación las líneas de producción de los modelos Lincon Zephyr y Mercury Milan. En adelante, al proyecto Fusión desarrollado por Mazda, se le conocería simplemente como proyecto "CD3", por utilizar una plataforma única para tres versiones distintas de vehículos.

[11] El nuevo parque de proveedores lleva por nombre Dynatech y es considerado como el más grande que ha hecho Ford en el continente americano. Quedó localizado a un costado de la planta sobre un terreno de 122 hectáreas, que inicialmente albergaría a 19 proveedores de primera línea, complementado con otro grupo de empresas subsidiarias menores, además de las ya instaladas durante las fases previas del citado proyecto.

[12] Actualmente, los contenidos de integración nacional se encuentran entre 70 y 72 por ciento.

híbridos como el Ford Fusion y el Mercury Milan, principalmente dirigidos al mercado de Estados Unidos.

Con esta nueva plataforma se ha venido incrementado hasta en 70 el número de unidades producidas por hora, con respecto de las 38 con las que inició la primera etapa. El número de componentes incorporados al vehículo ascendió hasta 6,002[13] y el número de proveedores de primera y segunda línea llegó a 42, tan sólo en el parque industrial de Hermosillo. Los procesos de innovación dejaron sentir sus efectos positivos sobre el control del proceso de manufactura al disminuir sustancialmente los tiempos de diseño, pruebas y lanzamiento, además de recoger nuevas experiencias derivadas de la fabricación de autos híbridos.

Lo que está en juego a lo largo de esta tercera etapa es la consolidación de un núcleo amplio de empresas con interacciones más abiertas, cooperativas y heterojerárquicas, operando regionalmente para compartir conocimiento, información y experiencias acumuladas sobre la base de la confianza mutua y un aprendizaje interactivo común a la organización. Durante los últimos años, este esquema ha otorgado mayor flexibilidad a la empresa en la toma de decisiones y le ha permitido establecer canales y códigos de información que han reducido la incertidumbre frente a otros competidores. Se observa, sobre todo, el mejoramiento de los tiempos de operación e instalación de la maquinaria, el mejoramiento de los tiempos de circulación del producto en el proceso y el número total de unidades producidas con respecto del número de horas laboradas. Igualmente, se detecta una reducción de los tiempos entre diseño y fabricación, así como de los tiempos para instalar maquinaria y equipo por cambio de modelo. También ha mejorado la relación con proveedores en cuanto a tiempos de entrega y calidad de los insumos, todo lo cual ha permitido alcanzar mejores estándares de calidad y control de la variabilidad del producto.[14]

Asimismo, los resultados apuntan hacia una mayor simplificación de tareas y actualización de normas de trabajo, además de una capacitación en actividades de control estadístico y aplicación de habilidades en informática avanzada. La idea es generar mayor énfasis en el involucramiento de los trabajadores en tareas técnicas y operativas de gestión del conocimiento mediante programas dirigidos al ejercicio intelectual y reflexivo; esto es, lo que Rivas y Flores (2007) han ubicado

[13] De éstos, 1,622 son proveídos por las empresas localizadas alrededor de la planta, lo que representa 31% del total que requiere la plataforma CD4.

[14] En esta etapa, Ford ha generado estructuras de adquisición de conocimientos y formas de aprendizaje en cada una de sus empresas locales paralelas a la matriz y ha diseñado sistemas de autorregulación que estabilizan y contribuyen a la evolución y diferenciación interna de cada uno de sus subsistemas de organización en el mundo, lo que incluso muchas empresas han tomado como modelo para diversificar sus actividades productivas (recuérdese que Ford, en comparación con sus similares estadounidenses, es la empresa con el mayor número de actividades fuera de su país de origen).

como "comunidades de práctica", definidas por Ford como "personas que hacen las mismas cosas donde quiera que se sitúen". Se trata de grupos sociales que se han ido constituyendo con el fin de desarrollar un conocimiento especializado, en los que se comparte aprendizaje basado en la reflexión sobre experiencias prácticas.[15] Esto difiere de otras formas de gestión del conocimiento como las desarrolladas por Honda, que se basa en la "transformación del conocimiento tácito en explícito"; de Nissan que simplemente le llama "socialización del conocimiento"; de Daimler Chrysler, que utiliza la "creación de libros de conocimiento de ingeniería"; General Motors "las alianzas de aprendizaje"; o Volvo "el sistema de agentes inteligentes" (Rivas y Flores, 2007).

Cabe señalar que el hecho de que no exista dentro de la planta un área de I+D, no ha sido obstáculo para impulsar la creatividad de los empleados y generar acciones que promuevan mejoras continuas al producto y al proceso. El Departamento de Recursos Humanos publica quincenalmente las innovaciones generadas por el personal, las cuales son recompensadas con cenas familiares y vales de despensa (Díaz et al., 2016). Parte de éstas proviene del programa 0/100, dirigido a ingenieros y gerentes, responsables de las distintas estaciones de trabajo con el objetivo de la supervisión, detección de errores de calidad y generación de nuevas ideas para la mejora continua. Para retener talentos se ofrece un programa de movilidad ascendente que incluye una gama completa de aprendizaje y desarrollo de los recursos basados en la formación presencial en proyectos especiales, grupos de trabajo en la web, tutoría y *coaching* para fomentar la excelencia técnica, el trabajo en equipo, promover los valores de Ford y mejorar la capacidad para entregar resultados. También se ofrece el programa escuela o "colegio" y el Instituto/Programa Supervisor Asalariado (SSI), para líderes nuevos o experimentados que deseen mejorar o desarrollar sus habilidades (Díaz et al., 2016).

[15] Se dice que "Cualquier persona que realice trabajo físico en cualquier planta Ford del mundo, pertenece a la misma comunidad de práctica. Lo mismo ocurre con quienes pintan vehículos, se dedican a labores de diseño o distribuyen las piezas. La réplica de prácticas de negocio comienza con un equipo o una persona que está orgullosa de algo que está haciendo. Supongamos que esa persona está en Alemania pintando vehículos y que ha encontrado una mejor manera de hacer las cosas. Esta persona, se dirigirá a un miembro de su planta denominado 'punto focal', una de las 500 personas que a lo largo y ancho de Ford tiene la misión de introducir dichas ideas en un programa especial instalado en la Intranet corporativa. Esa idea aparecerá en los ordenadores adecuados para las otras 38 plantas de montaje. Los pintores de esas plantas revisan la idea y deciden si adoptarla o no, junto con la dirección local. Una vez adoptada la práctica se pasa a peguntarse por el valor añadido esperado, por ejemplo, ¿cuánto dinero esperamos ahorrar? Esa predicción se registra en el sistema. A medida que pasa el tiempo, 'el punto focal' también registrará el valor real de la idea. Toda esa información se interioriza posteriormente en un informe para los directivos locales, regionales y divisionales" (Rivas y Flores, 2007: 92)

Paralelamente, Ford ha estimulado los procesos de escalamiento industrial mediante la creación de *spin off*, con trabajadores formados al interior de la planta que decidieron emprender su propio negocio para proveer de servicios especializados a los proveedores de primer y segundo niveles, o para realizar labores de asesoría directa a la planta. En esta etapa, sobresalen importantes experiencias de absorción de conocimiento que ilustran la manera en que los ingenieros y cuadros medios se han beneficiado del trabajo aprendido internamente y han creado innovaciones relacionadas con adaptaciones a productos, diseño de herramientas y desarrollo e instalación del equipo robótico, entre otros (véase Contreras y Olea, 2006; Isiordia, 2016). Esta forma de transferir conocimiento por parte de la transnacional se ha traducido en grandes ahorros que, de otra manera, le hubieran significado mayores inversiones en investigación y desarrollo.

La creación de *spin off*, a partir del año 2000, ha sido parte del crecimiento de un número importante de pequeñas y medianas empresas de autopartes de base tecnológica. Las empresas se han instalado en diversos lugares del estado de Sonora para apoyar a los proveedores de Ford en el suministro de sistemas de aire acondicionado y calefacción, componentes de interiores, accesorios y sistemas eléctricos para automóviles, maquinado de precisión y estampados metálicos y en software y procesos de automatización, entre otros (Contreras y Olea, 2006). Destacan empresas como Allied Signal y Breed Technologies, en Agua Prieta; Takata y HFI, en Ciudad Obregón; Yazaki, Chahta Enterprises, Delphi, Intec Group, ITT Automotive, Jyco Sealing Technologies, Solrac Corporation y Unlimited Services, en Empalme-Guaymas, y Benteler en Hermosillo (Isiordia, 2016).

El surgimiento de empresarios locales vinculados con la producción globalizada mediante su incorporación en la cadena de la transnacional, ha permitido a ésta completar todo el ciclo de absorción del conocimiento, desde la adquisición, asimilación, transformación y explotación, fortaleciendo su capacidad organizativa y endogeneizando los procesos de innovación en la región. Nunca, como en estos últimos años, se había podido observar un verdadero proceso de consolidación regional de proveedores.

En apoyo a la capacidad innovadora de la empresa, desde los inicios de esta tercera etapa, el estado de Sonora disponía ya de ventajas competitivas consolidadas y desarrollo de factores que habrían de potenciar la competitividad de la ensambladora en los siguientes años. Destacan, entre otros, fuerza de trabajo altamente calificada y relativamente barata, estabilidad laboral, cercanía geográfica con el mercado de Estados Unidos, adecuada infraestructura industrial, apoyos fiscales, y un excelente marco legal de comercio exterior en la industria automotriz que permite la importación y exportación de insumos y productos terminados libres de aranceles. Todo ello, aunado a estrategias gubernamentales de

fomento y retención de capitales, así como de promoción y compromiso con el desarrollo industrial de la entidad; aspectos que han permitido a la empresa disminuir la incertidumbre y los riesgos derivados del entorno.

Conclusiones

Las actividades de innovación de la planta Ford de Hermosillo han formado parte de una estrategia global de expansión y regionalización con alto grado de especialización en América del Norte. La instrumentación de *un modelo de proveedores* basado en el desarrollo de centros de responsabilidad regional ha fortalecido un comercio intrafirma e interfirma muy intenso, al mismo tiempo que ha consolidado *un modelo de aprendizaje y desarrollo organizacional* basado en el intercambio mutuo de información, relaciones sociales basadas en el dominio, la confianza y la cooperación técnica. Lo anterior ha puesto en evidencia la importancia de la proximidad territorial para detonar procesos de innovación a nivel de empresas.

Aunque los procesos de innovación de Ford tienen su origen en la aplicación de los métodos japoneses, las soluciones adoptadas para problemas de mejora continua relacionados con la calidad, manejo de personal e integración de proveedores, entre otros, han seguido una clara tendencia a depender de decisiones gerenciales propias. Los principios tecnológicos y productivos orientados a la innovación han sido adoptados no sólo para dominar la planeación estratégica del ciclo de concepción y desarrollo del producto para autos de bajo cilindraje, sino también como una necesidad inmanente frente a las condiciones de la competencia y como una condición de supervivencia.

No obstante, el énfasis puesto sobre la dimensión cognitiva de colaboración y aprendizaje ha estado subordinado a otros factores tradicionales como la búsqueda de economías de escala y de alcance, las ventajas de relocalización que ofrecen las regiones de bajo costo de la mano de obra, y el hecho de compartir compromisos gerenciales y riesgos. Como parte de dichos compromisos, Ford ha confiado a Mazda la responsabilidad de transferir parte de su conocimiento científico técnico sobre la producción de autos subcompactos, pero se ha reservado los planes estratégicos de concepción y desarrollo de los vehículos más grandes, así como de otros elementos de alta tecnología que incluyen diversos tipos de componentes electrónicos y uso de energías alternativas.

Esta experiencia de cooperación entre las dos armadoras ha generado una trayectoria de innovación diferenciada a lo largo de treinta años, fortaleciendo así una tendencia hacia una mayor complejidad productiva. En este lapso, se observan enfoques de innovación que han ido cambiando de acuerdo con el diseño y

concepción de cada modelo lanzado al mercado. Las fuentes externas e internas de absorción del conocimiento han fluido de la planta al conjunto de la organización, primero a través de manuales y documentos normativos previamente concebidos y, después, mediante el conocimiento tácito internalizado en los operarios y cuadros medios, así como a través de la conformación de comunidades de gestión del conocimiento que son afines al conjunto de la organización. El resultado más visible ha sido la estructuración de procesos innovativos con características distintas, que discurren entre la utilización y adaptación de modelos tecnológicos ya existentes, y la generación de nuevas ideas y dispositivos tecnológicos originales; esto es, entre una innovación semiabierta y adaptativa a otra abierta de tipo incremental.

En apoyo a estás dinámicas de innovación ha estado la constitución de redes de cooperación interactivas, abiertas, jerárquicas y heterogerárquicas, cuya intensidad ha dependido, en buena medida, de los ritmos de los programas de mejora continua, de la profundidad de las innovaciones tecnológicas y de otros dispositivos de innovación como la generación de patentes, los programas de ideas efectivas y la creación de *spin off*. Todo ello, en un contexto local e internacional de contingencia controlada, con soportes institucionales que han propiciado ventajas de localización, como son la donación de terrenos, facilidades logísticas de transportación de materias primas, creación de institutos tecnológicos para la capacitación profesional, instalación de parques industriales inteligentes y políticas de retención de capitales, entre otros aspectos.

Retos y dilemas de la innovación

Para el presidente del consejo de administración de Ford, Harold A. Poling, la década de los noventa representaba el reto de seguir impulsando el desarrollo de un enfoque internacional con "posibilidades de funcionar bien en y con diferentes culturas y países (...) el futuro hace claro que la habilidad de cambiar, aprender y adaptarse es crucial" (*Tiempo Ford*, 1990: 11). Casi diez años después, la gerencia de Ford Hermosillo marcaba como reto principal:

> …administrar la diversidad [que sería] el punto crítico para la supervivencia de la empresa y su éxito en el siglo xx [para lo cual] deberá mejorar el desempeño de la organización y las personas utilizando óptimamente la capacidad de cada miembro y formándolo para cumplir los retos presentados por la competencia global [esto es] retener talentos, incrementar la productividad y mejorar la efectividad y motivación del personal (*Tiempo Ford*, 1998).

Hoy en día, se dice que el reto consiste en "promover la integración y colaboración efectivas en toda la organización (...) reclutar personas que cuenten con los talentos requeridos y vivan nuestros valores y principios" (Ford, 2014).

Las declaraciones anteriores parecen reconocer un ambiente competitivo de mayor complejidad, que habrá de requerir, efectivamente, el reforzamiento de las estrategias de globalización/regionalización sobre la base de una mayor integración organizacional y absorción del conocimiento. La importancia del saber hacer colectivo y el interés de la cooperación a profundidad sobre los planes verticales y horizontales con proveedores y competidores, infunden hoy una gran ventaja competitiva que seguramente habrá de ser multiplicada. En ese sentido, las estrategias de innovación y los retos pueden ser de naturaleza muy variada. En el plano tecnológico, la evolución del sector automotriz indica que estamos ante un proceso incierto, volátil e inestable que requiere cada vez más de dispositivos de información y comunicación inteligentes para conectar componentes y funciones. Según Lara (2014), esto implica para las ensambladoras automotrices que deberán efectuar una transformación cualitativa dirigida a transitar de una integración de componentes electrónicos autónomos y aislados a otra de mayor complejidad y adaptabilidad que funcione en forma de sistema.

En el caso de Ford, la migración de la producción de autos convencionales que combinan partes mecánicas con dispositivos electrónicos hacia autos de mayor complejidad tecnológica ha iniciado con fuerza con el lanzamiento de la plataforma CD4 y, particularmente, con la producción de los autos híbridos. En este segmento, es de esperarse la aparición de mayores innovaciones tecnológicas derivadas de una competencia internacional encaminada cada vez más a la utilización de energías alternativas y motores eléctricos. Ford ha seguido la "vía de la progresividad" (en el sentido de Freyssenet, 2011) al transitar de la producción de vehículos de gasolina a los de agro-combustibles (con sus modelos en Brasil), y a los vehículos híbridos en Hermosillo. Otras firmas en el mundo han optado por la "vía de la ruptura" (Freyssenet, 2011), con la producción de coches eléctricos; en tanto que otros más han mantenido la vía de la "diversidad" (Freyssenet, 2011), hasta ahora todavía dominante, privilegiando una misma fuente de energía y un mismo motor. En la diversidad de trayectorias observables, Ford tiene ya una dirección trazada en materia de innovación que no parece que pueda ser alterada, al menos en el corto plazo.

A nivel de planta, esto implica que habrá de continuar una tendencia hacia una mayor apertura y reforzamiento de las actividades locales, fortaleciendo y estrechando una coalición de proveedores nacionales y extranjeros que le permita asegurar una posición competitiva como la observada en la última etapa. En esta dirección, una ruta "moralmente conveniente", por oposición a la "moral

económica de la desigualdad" (en el sentido de Covarrubias, 2016), sería pasar de ser sólo un referente de innovación tecnológica y convertirse en un ejemplo creíble y aceptable de innovación social; pues la evidencia empírica de las plantas automotrices en México muestra una clara disociación entre la innovación y sus efectos sociales (Bensusán y Carrillo, 2016; Covarrubias, 2016). Esto permitiría romper la barrera de lo que hasta hoy ha impedido pasar de un modelo basado más en la tecnología y la productividad a otro verdaderamente antropocéntrico, donde la "incorporación de talentos" y el desarrollo humano del trabajador sea equiparable con su desempeño profesional. Una empresa de primer mundo requiere trabajadores con niveles salariales y calidad de vida del primer mundo; en ello estriba una auténtica política de responsabilidad social, donde el conocimiento tácito y las ideas efectivas ligadas a la innovación, no sean recompensadas con reconocimientos de papel u otras trampas simbólicas utilizadas con frecuencia.

Bibliografía

Aoki, Masahiko y Ronald Dore (1994), *The Japanese Firm*, Oxford, Clarendon Press.

Bensusán, G. y J. Carrillo (2016), "El debate sobre innovación y el progreso socio-laboral. El sector automotriz en México", en Alex Covarrubias, Sergio Sandoval, Arnulfo Arteaga y Graciela Bensusán, *La industria automotriz en México: relaciones de empleo, culturas organizacionales y factores psicosociales,* México, AM Editores, El Colegio de Sonora y CIAD.

Bordenave, Gérard y Yannick Lung (2003), "The Twin Internationalization Strategies of US Automakers: GM and Ford", en Michel Freyssenet, Koichi Shimizu y Giuseppe Volpato (eds.), *Globalization or Regionalization of the American and Asian CAR Industry?,* Gran Bretaña, Palgrave MacMillan, GERPISA, pp. 53-94.

Carrillo, Jorge (2011), "Firmas multinacionales en México. Un primer Mapeo", *Frontera Norte,* vol. 23, núm. 46.

Carrillo, J. y A. Hualde (1996), "Maquiladoras de tercera generación. El caso de Delphi-General Motors", *Espacios. Revista Venezolana de Gestión Tecnológica,* XVII(3), pp. 111-134.

Cole, Robert E. (1994), "Diferent Paradigms and their Implications for Organizational Learning", en Aoki Masahiko y Ronald Dore (eds.), *The Japanese Firm*, Oxford, Clarendon Press.

Contreras, Oscar y Jaime Olea (2006), *Proveedores locales de empresas globales: la micro, pequeña y mediana industria en Sonora, Avances de investigación*, El Colegio de Sonora.

Covarrubias, Alex (2016), "La IAM: productividad y producción de primer mundo; moralidad económica y relaciones laborales de tercero", en Alex Covarrubias, Sergio A. Sandoval, Graciela Bensusán y Arnulfo Arteaga, *La industria automotriz en México: relaciones de empleo, culturas organizacionales y factores psicosociales,* México, AM Editores, El Colegio de Sonora y CIAD, pp. 15-46.

Cullino, Roberto, Cristina Fabrizi, Andrea Linarelo y Andrea Orame (2013), *Innovation in the Automotive Industry*, Bank of Italy.

Díaz, Martha, Octavio López Millan y Javier Vega (2016), "Innovación y Prácticas Organizacionales en la Planta de Ensamblado y Ensamble de la Industria Automotriz en Hermosillo, Sonora", en Adriana Martínez y Jorge Carrillo, *Innovación, redes de colaboración y sostenibilidad. Retos de la relocalización de la industria automotriz en México*, México, AM Editores, UNAM, El Colegio de Sonora y CIAD.

Feser, E. y H. Renski (2000), "Supplementary Data Tables to High-Tech Clusters in North Carolina", *The North Carolina Board of Science and Technology*, junio, Raleigh, NC.

Feser, E. y Stuart Sweeney (2006), "Regional Industry Clusters Analysis: Using Spatial Concepts", Pre-Conference Training, ACCRA *46th Annual Conference*, 7 de junio, Charlotte, NC.

Ford Motor Company (1985), Reporte Interno (mimeo).

Ford Motor Company (2003). "Ford to Buil All-New Futura at Hermosillo", disponible en: <http://media.ford.com)>, consultado octubre 13.

Ford Motor Company (2014), Planta de Estampado y Ensamble de Hermosillo (HSAP), documento interno.

Freeman, C. y L. L. G. Soete (1997), *The Economics of Industrial Innovation*, Londres, Pinter.

Freyssenet, Michel (2011), "Los inicios de la segunda revolución del automóvil. Estrategias de empresas y políticas públicas", en A. Bracamontes y Oscar Contreras, *Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo Económico*, El Colegio de Sonora, Coecyt, pp. 299-323.

Gee, S. (1981), *Technology Transfer, Innovation & Internacional Competitiveness*, Nueva York, Wiley & Sons.

Glaeser, E. L. (1998), "Are Cities Dying?", *Journal of Economic Perspectives*, 12.

Gutiérrez, Lydia, Jorge León y Martín Preciado (2015), "Redes de transferencia de conocimiento y su impacto en la innovación: un análisis de la industria acuícola de sonora mediante análisis de redes sociales (ARS)", en Álvaro Bracamontes y Jorge I. león (coord.), *Redes regionales de conocimiento e innovación*, Hermosillo, Sonora, México, El Colegio de Sonora, CIAD, pp. 217-283.

Hidalgo, A., G. León y J. Pavón (2002), *La gestión de la Innovación y la tecnología en las organizaciones*, México, Pirámide.

Ili, Serham, Albert Albers y Sebastian Miller (2010), "Open Innovation in the Automotive Industry", *R&D Management,* núm. 40(3), Estados Unidos, pp. 246-255.

Isiordia, Paula (2016), "Relación de las pequeñas empresas con la industria automotriz y de autopartes en Sonora. Experiencias exitosas", en Adriana Martínez y Jorge Carrillo, *Innovación, redes de colaboración y sostenibilidad. Retos de la relocalización de la industria automotriz en México*, México, AM Editores, UNAM, El Colegio de Sonora y CIAD.

Kaplinsky, Raphael (1991), "From Mass Production to Flexible Especialization: A Case Study from a Semi-industrialised Economy", *Discussion Paper 295,* Institute of Development Studies.

Kline, S. J. y N. Rosenberg (1986), "An Overview of Innovation", en R. Landau y N. Rosenberg (eds.), *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*, Washington D. C., National Academy Press, pp. 275-304.

Lara, Arturo (2014), "De Sistema mecánico a Sistema tecnológico complejo. El caso de los automóviles", *Contaduría y Administración,* 59(2), México, pp 11-39.

Nelson, R.y S. Winter (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change,* Cambridge, Harvard University Press.

OCDE (2005), *Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data, Oslo Manual*, 3a. ed., OECD/EU/Eurostat.

Pavón, J. y A. Hidalgo (1997), *Gestión e innovación: un enfoque estratégico*, Madrid, Pirámide.

Porter, Michael (1990), *La ventaja competitiva de las naciones*, Buenos Aires, Vergara.

Pries, Ludger (1995), *La reestructuración productiva como modernización reflexiva, Análisis empírico y reflexiones teóricas sobre "la sociedad de riesgo",* México, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.

Ramírez, José Carlos (1995), "La organización justo a tiempo en la industria automotriz del norte de México. Nuevos patrones de localización y eficiencia", *Colección cuadernos de Trabajo*, núm. 33, México, CIDE, División de Economía.

Rivas, Luis A. y Brenda Flores (2007), "La gestión del conocimiento en la industria automovilística", *Estudios gerenciales*, vol. 23, núm. 102, pp. 83-100.

Rothwell, R. (1994), "Industrial Innovation: Success, Strategy, Trends", en M. Dodgson y R. Rothwell, *The Handbook of Industrial,* Estados Unidos, Edward Elgar, pp. 33-53.

Sandoval, Sergio A. (2003), *Hibridación, modernización reflexiva y procesos culturales en la planta de Ford Hermosillo,* México, El Colegio de Sonora, CIAD, A. C., y Plaza y Valdés.

Schumpeter, J. A. (1939), *Bussiness Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process,* Nueva York, McGraw-Hill.

Tiempo Ford No. 10 (1989), Revista de divulgación de Ford Motor Company, Planta de Estampado y Ensamble de Hermosillo.

Tiempo Ford No. 16 (1990), Revista de divulgación de Ford Motor Company, Planta de Estampado y Ensamble de Hermosillo.

Tiempo Ford No. 57 (1998), Revista de divulgación de Ford Motor Company, Planta de Estampado y Ensamble de Hermosillo.

Vallejo, Bertha (2016), "Trayectorias tecnológicas existentes y emergentes hacia el 2020. El caso de la industria automotriz global", en Adriana Martínez y Jorge Carrillo, *Innovación, redes de colaboración y sostenibilidad. Retos de la relocalización de la industria automotriz en México*, México, AM Editores, UNAM, El Colegio de Sonora y CIAD.

Zapata, C. y Paul Nieuwenhuis (2010), "Exploring Innovation in the Automotive Industry: New Technologies for Cleaner Cars", *Jounal of Cleaner Production*, núm. 18, pp. 14-20.

Capítulo 8
Las empresas exitosas en la red de proveeduría de la Ford-Hermosillo. *Kinematics*, un estudio de caso

Paula C. Isiordia-Lachica, Alejandro Valenzuela, Ricardo A. Rodríguez Carvajal[1]

Introducción

En este capítulo se analiza la experiencia de Kinematics por su condición de pequeña empresa dedicada al diseño y fabricación de equipos para la automatización y semi automatización de procesos en la industria automotriz, en particular para la Planta Ford de Hermosillo. Esta empresa, además de equipos, ofrece servicios de ingeniería industrial tales como estudios de tiempos y movimientos, de ergonomía y balanceo de cargas, entre otros.

Una característica adicional que hace de Kinematics un caso de estudio paradigmático en la relación pequeña empresa-industria automotriz, es que ha recibido apoyos gubernamentales para el impulso de la innovación.

Cabe señalar que el establecimiento de la Ford Motor Company en Hermosillo significó una reestructuración de las actividades industriales que involucró a todas las empresas que estaban operando en los parques industriales locales y, sobre todo, a las que se han establecido a partir de la llegada de la empresa. El involucramiento de la pequeña empresa fue generalizado, no sólo entre los proveedores directos e indirectos de la armadora, sino entre todas porque dinamizó el mercado local, afianzó las tendencias globalizadoras que operan en lo local y atrajo inversiones de muy diversas fuentes. En el año de su fundación (1986), la Ford tenía siete proveedores de primera y segunda líneas y el número creció a veinte en 2005. Tanto la planta Ford como sus proveedores de nivel 1 y 2 contrataban, en 2015, los servicios de proveeduría de 129 pequeñas y medianas empresas (Contreras et al., 2005: 5).

[1] Los autores son profesores-investigadores de tiempo completo en el Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Sonora en Hermosillo. Correo electrónico: <pisiordia@industrial.uson.mx>.

Para finalizar el primer quinquenio del siglo, las pequeñas empresas relacionadas de proveeduría con la Ford, o con sus grandes proveedores, generaban 4,800 empleos, lo que, sumado al empleo generado por los niveles de proveeduría 1 y 2, alcanzaba los 9,475 puestos de trabajo (Contreras, Carrillo y Lara, 2006: 18).

Las empresas proveedoras se distribuían entre las diversas actividades de la siguiente manera: 14.3% es fabricante de insumos y partes; 23.5% provee servicios técnicos especializados; 25.2% es distribuidor de equipo, herramientas y partes, y el restante 37% presta servicios indirectos (Contreras, Carrillo y Lara, 2006: 19).

En relación con el tipo de pequeños empresarios que participan en las redes de proveeduría de la automotriz y de las empresas de autopartes, de acuerdo con los resultados de investigación reportados por Isiordia (2012) y Valenzuela (2012), cuyas investigaciones se basaron en 116 entrevistas estructuradas a pequeñas empresas levantadas en 2011 en los parques industriales de Nogales, Hermosillo, Guaymas-Empalme, Obregón y Navojoa, la mayoría tiene un historial como empleado de la trasnacional; salió de la planta para poner su propia empresa y tiene relaciones personales con los directivos que, muchas veces, fueron quienes los animaron a emprender actividades dentro de alguna área de proveeduría. Ese proceso de *spin off* es una de las tres fuentes de las capacidades tecnológicas que adquieren los emprendedores a las que se refieren Contreras, Carrillo y Lara (2006). Las otras dos son la pertenencia a redes socioprofesionales y las relaciones de mercado.

En cuanto al tipo de empresas que participan como proveedores, se han podido identificar dos sectores dominantes. Por un lado, las empresas que se dedican a algún tipo de manufactura de herramientas, maquinaria y equipos de origen metálico y, por otro lado, las empresas de tecnologías de la información, principalmente las que se dedican al desarrollo de software. Esto se debe a que las empresas metalmecánicas (MM) y las de tecnologías de la información (TI) han sido identificadas como las actividades que en Sonora tienen las mayores probabilidades de insertarse en las cadenas globales de valor (Contreras et al., 2005). Esto tiene lógica, ya que la mayoría de las empresas MM y de TI no produce para la demanda final, sino para la demanda intermedia de otras empresas, con mucha frecuencia, trasnacionales asentadas en el estado. La otra parte del razonamiento es que esas pequeñas empresas podrían producir para la demanda en general, pero el sector automotriz y de autopartes es de tal magnitud que México, aun contribuyendo solamente con 6% del producto mundial de esta industria, produce valor por alrededor de 70 mil millones de dólares y más de 600 mil empleos directos (Medina, 2013; Secretaría de Economía, 2012a; 2013).

Esa presencia ha tenido efectos en los parques industriales locales ya que, independientemente del enfoque con se trate el tema, el de los sistemas de innovación

(SI) o el de las cadenas globales de valor (CGV), el punto es que la presencia de la automotriz en Hermosillo y con ella sus proveedores de primer y segundo niveles, han tenido un fuerte efecto en el desarrollo de procesos de aprendizaje e innovación, en la transferencia de conocimientos, en la derrama tecnológica y en el incremento de las capacidades tecnológicas locales (Contreras y Carrillo, 2011).

Una vía importante para esas transferencias ha sido la formación de empresas constituidas por personas, principalmente ingenieros, que trabajaron en las trasnacionales del sector. En algunos casos, como el que aquí se analiza, ingresan en el esquema de proveeduría por el desarrollo de habilidades que las pone en condición de resolver problemas técnicos específicos de la trasnacional.

La derrama tecnológica y los procesos de aprendizaje que la industria automotriz y de autopartes ha traído a las empresas locales ha ido de menos a más a través de las tres etapas que se identifican de la presencia de esta industria en México, a saber: la fase de montaje con la primera planta de montaje instalada en 1925 por la Ford Motor Company; la fase de fabricación de vehículos que empieza en 1962 impulsada por el gobierno federal, y la fase de exportaciones que inicia en 1977 también impulsada por el gobierno en su afán de equilibrar la balanza de pagos del país (Ochoa, 2005).

En ese proceso, las empresas que llegaron a México encontraron, según el esquema de competitividad de Porter, que *a)* el nivel profesional y escolar era apropiado para la producción en masa de automóviles con calidad competitiva; *b)* había una creciente demanda de autos, tanto en México como, posteriormente, en el resto del mundo; *c)* las empresas que llegaron tenían una estructura productiva que las volvía estratégicas y competitivas; *d)* lideraba un gobierno con ánimo de apoyar la inversión productiva que generara empleos bien remunerados, y *e)* los sectores relacionados se empezaron a alinear a las oportunidades traídas por las automotrices (Ochoa, 2005).

Para enfrentar estos retos, la Ford Hermosillo ha creado una estructura organizacional cuya parte esencial es el centro de proveedores de "responsabilidad total" que reforzará la integración de las empresas que le proveen de materiales y equipo a través de una red jerárquica fortalecida (Sandoval y Wong, 2005). En este escenario, para que las pequeñas empresas y los emprendedores refuercen su situación en la red de proveedores de la automotriz, es deseable que sigan las recomendaciones que hace Leopoldo Rodríguez (2011), en particular, entender con claridad qué es la innovación y cuáles son sus dimensiones y desarrollar directrices de especialización dentro de su campo de actividad.

En este marco, el presente capítulo hace un recorrido por los programas de apoyo a la innovación de las pequeñas empresas poniendo el acento en las que de alguna manera tienen relación con la industria de autopartes; se discute la evaluación que hacen los empresarios de dichos programas; se hace un análisis de la

empresa Kinematics como un caso representativo de cómo han funcionado los programas de apoyo en las pequeñas empresas; al final se obtienen las conclusiones pertinentes y se enlista la literatura consultada.

Los programas de apoyo a la innovación

Dado que en el plan estratégico 2012-2020 de la industria automotriz (Secretaría de Economía, 2012a) se proponía, al final del periodo de planeación, incrementar la participación de la industria en el PIB, colocar a México entre los principales exportadores de autos y autopartes y duplicar el número de ingenieros que participan en diseño e ingeniería, los llamados, por Porter, "sectores relacionados" (lo cual incluye a las pequeñas empresas proveedoras del sector), deben embarcarse en un proceso de "mejora continua" de la capacidad de absorción para mejorar su proceso de aprendizaje y aprovechar la derrama tecnológica de la automotriz.

Para el logro de tales objetivos, el gobierno federal impulsa esquemas de apoyo, algunos nuevos y otros rediseñados, para apoyar a las pequeñas empresas en su desarrollo y en el impulso de la innovación tecnológica.

Esas políticas públicas han mudado radicalmente de sentido a partir de 1982 (Huerta y Chavez, 2003) sustituyendo la participación directa del Estado (posesión de empresas paraestatales, estímulos con base en subsidios directos, entre otros) por la promoción y el fomento (Barcelata, 2012). Así, la política industrial de México se transformó en una política de fomento empresarial, se abandonó el enfoque sectorial para adoptar los principios de subsidiariedad y horizontalidad (Brown y Domínguez, 2010). Esa sustitución ha sido gradual, de tal suerte que ahora conviven en los apoyos, una combinación de fomento-subsidio que seguramente tardará en transitar de uno a otro.

El acento en el *emprendedurismo* como piedra de toque de la política industrial de México ha tenido cobijo a partir del año 2000 en ese esquema general inaugurado desde los años ochenta de inserción de la economía mexicana en los mercados globales y, por consiguiente, la promoción de exportaciones (proceso sujeto a las estrategias de las transnacionales). En particular, se busca apoyar las cadenas productivas para permitir la transferencia de tecnología mediante el establecimiento de vínculos entre clientes y proveedores y de ese modo fomentar las agrupaciones y, en general, la cooperación entre empresas (Brown y Domínguez, 2010).

El inicio de las acciones previas a la creación del Fondo PYME en 2004 se puede ubicar dos años antes, con la promulgación de la ley para el desarrollo de la competitividad de la micro, pequeña y mediana empresas y con la creación de la Subsecretaría para la Pequeña y Mediana Empresa (SPYME).

La política del Fondo PYME tiene un complemento, si se le puede llamar así, que es la estrategia para promover el desarrollo innovador de las PYME de base tecnológica impulsada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. No son, sin embargo, los únicos programas federales de fomento a la innovación en las PYME, y aunque se han hecho esfuerzos por reordenar los apoyos (por ejemplo, la creación en 2010 del Sistema Integral de Innovación), todavía permanece un considerable desorden, ya que convive en el país un gran número de programas de distinto monto y alcance dedicados al apoyo a ese tipo de empresas (Garrido y García, 2011).

En un intento por ordenar las políticas públicas para la innovación y desarrollo de las pequeñas empresas, se crea en 2014 el Fondo Nacional Emprendedor (FNE) con el objetivo general de incrementar la productividad en las micro, pequeñas y medianas empresas.

El FNE se administra a través del Instituto Nacional del Emprendedor (Inadem), un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Economía, que tiene por objetivo instrumentar, ejecutar y coordinar la política nacional de apoyo incluyente a emprendedores y a las micro, pequeñas y medianas empresas, impulsando su innovación, competitividad y proyección en los mercados nacional e internacional para aumentar su contribución al desarrollo económico y bienestar social, así como coadyuvar al desarrollo de políticas que fomenten la cultura y productividad empresariales.

El Fondo Nacional de Emprendedores, que tiene una cobertura nacional y una población objetivo formada por emprendedores y pequeñas y medianas empresas de sectores estratégicos de las 32 entidades federativas, es ahora, como lo fue el Fondo PYME, al cual sustituye, el programa estrella del gobierno federal. La amplitud de sus alcances queda de manifiesto en que, para 2016, cuenta con 19 convocatorias agrupadas en cinco categorías: *1)* programas de sectores estratégicos y desarrollo regional; *2)* programas de desarrollo empresarial; *3)* programas de emprendedores y financiamiento; *4)* programas para pequeñas empresas, y *5)* apoyo para la incorporación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones.[2]

Adicionalmente al FNE, en México existen otros programas de apoyo a la innovación que, como los del FNE, provienen de la misma Secretaría de Economía Federal, tales como el Programa de Apoyo para la Mejora Tecnológica de la Industria de Alta Tecnología (Proiat antes Prodiat), el Programa para el Desarrollo de la Industria de Software y la Innovación (Prosoft), entre otros.

[2] Es importante destacar que cada convocatoria en lo particular contiene sus propios lineamientos, requisitos y directrices en función de la población y objetivo específicos que atienden. Para conocer mayor información se pueden revisar las convocatorias específicas en la página electrónica <https://tutoriales.inadem.gob.mx/>.

Por otro lado, existen programas de apoyo a la innovación tecnológica auspiciados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), entre los que se encuentran los derivados del Fondo de Innovación Tecnológica (FIT), el Programa de Estímulos a la Innovación (PEI), los Fondos Mixtos constituidos en diferentes estados de la República mexicana, los Fondos Sectoriales, los Fondos Institucionales, por mencionar algunos.

Discusión sobre la evaluación de los programas de apoyo

La única evaluación global de los principales programas de políticas de desarrollo de las pequeñas y medianas empresas la emprendió el Banco Mundial (BM) en 2007. Los objetivos eran revisar las características institucionales, los objetivos, la población objetivo y los procedimientos de operación de un grupo selecto de programas en México. Se hizo también un análisis de las metodologías usadas para evaluar programas que buscan promover a las empresas.

Evaluación global y metodología

Los programas elegidos por el BM, seleccionados a partir de la *Encuesta Nacional de Empleo, Salarios, Tecnología y Capacitación* (ENESTYC) de 2001 (todos anteriores al Fondo PYME) son CONOCER (Consejo de Normalización y Certificación de Competencia Laboral), CIMO (Programa de Calidad Integral y Modernización), COMPITE (Comité Nacional de Productividad e Innovación Tecnológica), CRECE (Centro Regional para la Competitividad Empresarial), FIDECAP (Fondo de Fomento a la Integración de Cadenas Productivas), FAMPYME (Fondo de Apoyo para la Micro, Pequeña y Mediana Empresa), PAT (Programa de Asistencia Técnica y Campaña de Imagen), México Exporta, PMT (Programa de Modernización Tecnológica) y PAIDEC (Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación y Desarrollo Conjunto).

La conclusión del Banco Mundial es que la mayoría de los programas PYME en México ha alcanzado solamente los pasos uno, dos y tres que constituyen el nivel de "monitoreo" en el esquema *Seis Pasos al Cielo* de la OCDE. Ninguno alcanza el paso seis, el de medición de "impactos". Solamente CIMO y CONOCER se ubican en el quinto "paso al cielo", comparación de empresas pares. Eso lleva al BM a concluir, además, que la capacidad del sector público y los centros de investigación mexicanos es muy limitada para conducir evaluaciones de impacto de programas relacionados con la pequeña y mediana empresas.

Sorey (1998), que desarrolló el programa *Seis Pasos al Cielo* por encargo de la OCDE, divide la evaluación en dos etapas. Una es meramente cualitativa, llamada también de monitoreo, que es una exploración de las "percepciones" sobre la aceptación del programa, la opinión sobre la operación y sobre las diferencias que el programa trae a la empresa. En este sentido, los tres primeros "pasos" de la evaluación son los siguientes: *1)* la aceptación de los esquemas de apoyo entre los usuarios de los programas, *2)* la opinión que tienen los usuarios de esos programas, y *3)* en qué medida sienten que el programa representa una diferencia en las empresas. Esta etapa se basa en métodos más formales y requiere levantar información a nivel de firma para organizar los siguientes "pasos" de la evaluación: *a)* la comparación entre empresas asistidas y no asistidas por los programas de apoyo (este último es el grupo de control), *b)* comparación entre firmas similares (que podría ser el desempeño de la misma empresa antes y después del programa de apoyo), y *c)* tomar en cuenta el sesgo de selección de las empresas analizadas.

Toda la evaluación debe realizarse buscando determinar la relevancia y eficiencia del programa en términos de sus objetivos. Asimismo, se recomienda que la operatividad de las evaluaciones se realice utilizando la metodología del Marco Lógico que da como resultado la Matriz de Indicadores de Resultados (MIR), que se construye con cuatro entradas en la primera columna: actividades, componentes, propósitos y los fines u objetivos últimos del programa, y con tres ámbitos en el primer renglón: indicadores, medios de verificación y supuestos. Por ejemplo, el renglón de "actividades" debe describir los "indicadores", los medios para "verificar" esas actividades y los "supuestos" con que se seleccionaron las actividades y se construyeron los indicadores. Las columnas y renglones de la MIR "reflejan relaciones causales entre los distintos objetivos" (ITESM, 2009: 111).

Las evaluaciones al Fondo PYME

La Secretaría de Economía ha encargado tres evaluaciones del Fondo PYME. Una para medir el otorgamiento de recursos, realizada por el Instituto de Ingeniería de la UNAM en 2006; una más llamada *integral* porque abarca el diseño, los procesos y los impactos, encargada al ITESM en 2009; y la última, encargada al Colmex en 2011, para medir el costo-efectividad del Fondo.

El Instituto de Ingeniería de la UNAM concluyó que el Fondo PYME operó en congruencia con el Programa de Desarrollo Empresarial 2001-2006 y que la información que utiliza es verdadera, pero que se registra un retraso en la entrega de recursos debido, en gran medida, a la inexperiencia de los organismos intermedios en la elaboración de proyectos de desarrollo empresarial. Por su parte, entre

los hallazgos del ITESM se encuentran los siguientes: *1.* En relación con el diseño, el problema focal está identificado, pero no está claramente definido; los objetivos no están articulados, no tienen justificación técnica ni están enfocados en función de un propósito claramente definido; no se aprecia la existencia de un estudio formal de las fallas de mercado que inciden directamente en la problemática de las PYME y que justifican la intervención pública y los apoyos y servicios se ofrecen sin coordinación y sin un enfoque integral. *2.* Respecto de los procesos, la conclusión general es que el Fondo opera conforme a lo establecido en sus procesos normativos, pero sin evidencia clara de que exista una coordinación y comunicación adecuada con los diferentes organismos intermedio y delegaciones federales. Asimismo, el tiempo de entrega de los recursos sigue siendo poco oportuno y su comprobación problemática. *3.* En cuanto a los impactos, encontró que la productividad aumentó en 4% como efecto del Fondo y se observaron incrementos en las ventas, las remuneraciones al trabajo y el empleo (resultados todos obtenidos por las diferencias entre empresas apoyadas y no apoyadas). Finalmente, la evaluación de El Colmex encontró, además de la reducción de costos por la reorganización del Fondo, que la rentabilidad de las empresas es del orden de $4.26 por cada peso invertido por el Fondo.

El alcance de los programas de apoyo

En un análisis de la estructura lógica de los programas de apoyo, hemos observado una cierta contradicción entre sus objetivos. Todos se proponen impulsar el desarrollo tecnológico de las pequeñas empresas, pero un indicador de éxito de los programas es el crecimiento en el empleo. Como es sabido, la tecnología rara vez es neutral y, por lo general, es ahorradora de mano de obra. Poner esos objetivos en el mismo plano puede crear una disociación en los resultados de la evaluación, como se puede observar en el relato del desempeño de la empresa Kinematics.

En el marco del proyecto de investigación Redes globales de producción y aprendizaje local: derrama tecnológica de las transnacionales y capacidad de absorción en PYME de base tecnológica en el Noroeste de México (Proyecto No. 133596 del Conacyt), se construyeron dos bases de datos, una a partir de la aplicación de un cuestionario estructurado a 116 pequeñas empresas metalmecánicas y de tecnologías de la información de Sonora levantada en 2011 y 2012, y otra a partir de entrevistas a profundidad a cien pequeños empresarios del noroeste de México. De las 116 empresas de Sonora, 82.8% de las firmas no conoce ninguno de los 24 programas sobre los que se les preguntó. Del resto, las que sí los conocen,

sólo una mínima parte (alrededor de 1% del total de empresas) los ha utilizado de alguna manera. Si ampliamos la visión a todo el noroeste, encontramos en la base de cien empresas que 38% de las empresas entrevistadas reconoce haber recibido algún tipo de apoyo gubernamental.

Estos resultados sugieren que las políticas públicas no han sido capaces de establecer una comunicación entre su administración y las empresas. La empresa descrita como estudio de caso, con experiencia en el uso de programas gubernamentales, no sabía incluso de la existencia de esos programas; la forma en que se enteró de sus reglas de funcionamiento y procedimientos para acceder a los recursos fue a través de los asesores del SATE en el estado. Se puede decir que la mayoría de las pequeñas empresas no conoce de la existencia de los programas públicos; si acaso saben de ellos, desconocen los procedimientos para acceder a esos apoyos e ignoran los beneficios que pudieran obtener.

Kinematics: un caso de estudio

Kinematics RRR es una pequeña empresa ubicada en Hermosillo, Sonora, que durante quince años ha diseñado y fabricado equipos neumáticos, mecánicos, eléctricos y electrónicos. Esos productos son tanto manuales como semi-automáticos y tienen como destino los procesos de manejo ergonómico de materiales en la industria, tanto automotriz como en general.

Antes de ser empresario, su fundador, el ingeniero Rosendo Rodríguez, que además es el propietario y director general de la empresa, se dedicaba solamente a la docencia en el Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Sonora. Un antiguo alumno suyo, empleado de la planta Ford de Hermosillo, le pide ayuda para resolver un problema en el área de ensamble, problema que no habían podido resolver diferentes proveedores a quienes se les había encomendado la tarea. El profesor universitario asume el reto y elabora una propuesta de solución a partir del diseño y fabricación de un dispositivo que resolvería el problema. Eso le acarrea la confianza del personal de la ensambladora de autos en sus capacidades y habilidades técnicas.

El satisfactorio resultado de esa temprana incursión en un área práctica de la ingeniería lo motivó para iniciar por cuenta propia la actividad empresarial. Cabe señalar que ese primer dispositivo fue diseñado y elaborado en el patio de la casa del ingeniero Rodríguez utilizando herramientas menores y equipos convencionales que solía usar como pasatiempo para elaborar diversos objetos para uso casero.

A partir del éxito de su experiencia en la Ford, sus allegados lo conminan a desarrollar otras propuestas de solución tecnológica a problemas de la industria,

lo que deriva en el inicio de sus actividades empresariales de manera formal. En esa nueva aventura contó con el apoyo de un proveedor mayoritario de la trasnacional, con lo que hizo de la Planta Ford de Hermosillo su principal cliente mediante el esquema de subcontratación.

Desde sus inicios, Kinematics operó explotando sus capacidades en diseño manual y fabricación de equipos bajo el principio de prueba y error, pero su oferta se extendía también a servicios de ingeniería industrial como estudios de ergonomía, de tiempos y movimientos, balanceo de cargas, entre otros. Con el tiempo, ha consolidado sus principales líneas de productos y servicios en las áreas de automatización (diseño y fabricación), dispositivos para el manejo de materiales, maquinado de piezas y soldaduras y los ya mencionados servicios de ingeniería industrial.

Algunos ejemplos de proyectos que la empresa ha desarrollado para diversos clientes son ilustrativos de las actividades que Kinematics realiza: *1)* una manipuladora y plataforma para *winshield* que le permite al operador eliminar el esfuerzo en brazos y espalda, con lo que se eliminaron tanto la rotación del personal como el desperdicio (*scraps*) generado por descuidos del técnico; *2)* una plataforma con mesa ergonómica para el ruteo de cables de transmisión, con lo que además de una reducción de 95% en el esfuerzo en espalda baja del operador, se logró eliminar la necesidad de caminar en la estación de trabajo reduciendo el tiempo de operación en 20%, y *3)* un manipulador para colocar asientos que contribuyó a eliminar el esfuerzo en brazos y espalda por parte del operador, se eliminaron las reparaciones por daños con asientos caídos y se redujo el tiempo de operación en 30 por ciento.

Experiencias de apoyo de la empresa

Kinematics ha tenido experiencias de participación en diferentes programas de apoyo por parte de la Secretaría de Economía y del Conacyt, cada uno orientado a diferentes objetivos. Como primera experiencia, en 2007, la empresa se incorpora al programa Sistema de Asistencia Tecnológica Empresarial (SATE) operado por la Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia (FUMEC) con subsidio del Fondo PYME. El objetivo del programa SATE era consolidar la articulación y vinculación de las empresas a atender, con los recursos de apoyo en busca de nichos estratégicos que les permitan incrementar el valor a las empresas y obtener un desarrollo técnico y empresarial dentro del sector. El ingeniero Rodríguez fue invitado a participar en el programa a través del asesor tecnológico empresarial que en esos años operaba el programa en Sonora, que se encargó de informarle sobre los

beneficios que podría obtener y de la pertinencia para su empresa con base en un perfilamiento de sus capacidades.

Como parte de la atención del programa SATE 2007-2008 se desarrolló el mapa de ruta tecnológico de la empresa para conocer con mayor detalle su situación real y apoyar su definición estratégica con una proyección futura. También se llevó a cabo un análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades, amenazas) a nivel directivo de la empresa. Con lo anterior, se identificaron áreas de oportunidad para desarrollar su potencial incrementando sus capacidades tecnológicas y mejorando su estrategia de crecimiento con un enfoque en innovación. Se le suministró información sobre una convocatoria de apoyo proveniente del Fondo PYME ejecutada a través de la FUMEC con orientación a impactar en la industria automotriz. Se detectó la posibilidad de poner en marcha un proyecto de innovación tecnológica aprovechando la demanda de equipo para el proceso de ensamble por parte de Ford Detroit, para lo cual la empresa adolecía de ciertas capacidades requeridas para competir con empresas internacionales, tales como falta de diseño y simulación computarizados de sus dispositivos propuestos (requisito indispensable que le pedían en ese concurso de licitación), por ello el SATE le apoyó en la estructuración del proyecto y gestión de recursos económicos para su ejecución. También se hizo una evaluación de la empresa para su potencial como candidato al programa de aceleración TechBA.

De lo anterior, se obtuvieron logros como la puesta en marcha del proyecto de innovación "Diseño computarizado de manipulador prototipo para instalación de partes en la industria automotriz" obteniendo apoyo económico del fondo PYME que permitió incrementar las capacidades tecnológicas de la empresa en el área de diseño y fabricación de equipo. Con dicho recurso se hizo inversión en la compra de equipos de cómputo tipo *work station*, adquisición de licencias de software y capacitación en Solid Works para realizar diseño computarizado, lo que logró, como consecuencia, un cambio importante en su estructura de personal. Pasaron de ocho trabajadores técnicos de taller y un diseñador manual a cuatro ingenieros de diseño y dos técnicos, se obtuvo una reducción de 50% de tiempo en diseño y fabricación. Con esta capacidad, la empresa ganó el concurso para diseñar y fabricar un equipo para un proceso de ensamble crítico en el modelo híbrido 2010 en Ford Detroit, frente a competidores internacionales como Knight y Oxbox. Además, en 2008, la ensambladora le concedió a Kinematics su número de proveedor para Ford México y Estados Unidos con posibilidades de incursionar en Ford Europa para iniciar sus ventas directas. Lo anterior, debido al fortalecimiento de la capacidad de diseño de la empresa que logró evolucionar hacia el diseño asistido por computadora (CAD, por sus siglas en inglés).

Por otro lado, a partir de los resultados y recomendaciones del SATE basadas en evaluación de rentabilidad de sus productos y servicios, la empresa empezó a trabajar en el fortalecimiento de la estrategia de reorientación del negocio hacia un modelo centrado en la innovación, con un enfoque más especializado en el diseño y fabricación de manipuladores y brazos articulados, dejando en menor nivel la línea de servicios de ingeniería industrial. También fue aceptada para participar en la fase de pre-aceleración en TechBA Michigan, oferta que rechazó por motivos de falta de personal preparado para atender dicho proceso internacional.

En el año 2009, ya conociendo el potencial de la empresa para el desarrollo tecnológico y la innovación a partir del mejoramiento de sus capacidades tecnológicas, el SATE identifica la oportunidad de realizar un nuevo proyecto para continuar su consolidación y formalización de dichas actividades en la empresa. Se le proporciona información al Ing. Rodríguez sobre convocatorias de apoyo de la Secretaría de Economía (el Programa de Desarrollo para la Industria de Alta Tecnología —Prodiat) y del Conacyt (el Programa de Estímulos a la Innovación —PEI) como mecanismos que pudieran favorecer la aceleración en la ejecución de su proyecto mediante la obtención de subsidio económico. Se proporcionó asesoría para solicitar el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (Reniecyt) de la empresa ante el Conacyt. Se le otorgó asesoría en la planeación y desarrollo del proyecto "Creación de un centro de innovación industrial para el desarrollo de tecnología y nuevos productos", cuyo objetivo era desarrollar las capacidades tecnológicas basadas en integración robótica, metrología y CAD/CAM. Asimismo, se le hizo invitación a diversos eventos, conferencias y capacitaciones empresariales como parte del proceso de mejoramiento de capacidades de la empresa y relacionamiento comercial. Además, se impulsó la vinculación con la Universidad de Sonora para la generación de convenio para la ejecución de proyectos conjuntos.

Como parte de los logros, obtuvo la aprobación de Reniecyt, con lo que adquirió la posibilidad de incursionar en convocatorias de apoyo por parte del Conacyt. Se aprobó su solicitud de apoyo al proyecto ante el programa PEI del Conacyt en la modalidad Innovapyme, en vinculación con la Universidad de Sonora, y se obtuvieron recursos económicos para su ejecución.

Impactos en la empresa de los apoyos recibidos

Como resultados de los programas de apoyo recibidos en el proceso de mejoramiento de capacidades de la empresa, se obtuvieron beneficios tales como su modernización tecnológica mediante la adquisición de equipos tecnológicos para

maquinado CNC y medición por coordenadas y software especializado para CAD/CAM, adecuación de instalaciones y puesta en marcha de los equipos adquiridos, lo que permite el desarrollo de nuevos productos (diseño y fabricación de equipos, dispositivos y componentes menores de alta especialización con tecnología propia) que fortalecieron la oferta de valor de la empresa. Con ello se incrementó su capacidad de desarrollo tecnológico y la generación de proyectos de innovación.

Dentro de sus procesos productivos se tuvieron cambios importantes en su estructura de personal: se disminuyó el número de trabajadores técnicos de taller y se aumentó la cantidad de ingenieros de diseño. Con eso se obtuvieron reducciones importantes en los tiempos de diseño y fabricación. Asimismo, se mejoraron sus capacidades tecnológicas a través de la capacitación y certificación del personal en diferentes temas especializados en las áreas de robótica, diseño computarizado, metrología, instrumentación virtual y manufactura asistida por computadora. Además, se fomentó la vinculación con el sector académico y se diversificó su cartera de clientes.

Kinematics, actualmente, cuenta con capacidades de diseño asistido por computadora, simulación por computadora, corte, soldadura, troquelado, maquinados convencionales y de precisión CNC, corte por plasma, medición por coordenadas, desarrollo de pruebas físicas para manipuladores, entre otras. Entre sus principales clientes se encuentran Ford (las plantas de Hermosillo, Michigan, Argentina), Collins & Aikman, Magna, Lear, Martin Rea.

Conclusiones

En mercados tan competitivos como el de la industria automotriz y de autopartes (aunque no exclusivamente, porque sabemos que la globalización tiene, precisamente, el signo de la competitividad), los apoyos públicos para las pequeñas empresas es crucial no solamente para su supervivencia, sino también para su desarrollo. Esos apoyos, como lo ha demostrado el desempeño de empresas que los han recibido, generan beneficios invaluables que consolidan el papel de esos negocios en los asentamientos locales de los mercados globalizados.

Sin embargo, las empresas se enfrentan a un conjunto de fallos de esos programas que las evaluaciones globales realizadas han demostrado, pero que siempre es conveniente documentar a nivel de la vida cotidiana de las firmas. La primera observación a la luz de la experiencia de Kinematics es el dilatado tiempo que las empresas se tienen que tomar para realizar los trámites necesarios. La operación de los programas no ha puesto en primer plano el *timing* (la oportunidad que

ofrece el momento) de esas empresas. Realizar el trámite para obtener los apoyos requiere de paciencia porque hay significativos retardos entre el sometimiento de la solicitud y el otorgamiento de los recursos. En ese intervalo, además de elaborar la solicitud, existe una cantidad procesos de evaluación, aprobación y trámites administrativos que se deben realizar para formalizar los programas y recibir los recursos económicos.

La importancia del tiempo es evidente porque los mercados son muy dinámicos y en cosa de días pueden cambiar la demanda, los precios, el tipo de cambio, los costos (modificación de presupuestos) de los equipos que se pretende adquirir. Además, la empresa está inserta en un sistema donde actúan otros agentes que también tienen sus propios tiempos y ritmos, como los clientes y los proveedores.

Una vez recibido el apoyo federal, la empresa debe suministrar una considerable cantidad de tiempo en la administración del proyecto: debe llevar un control especial, independiente de las cuentas corrientes bancarias de la empresa, del uso de los recursos económicos y de leyendas especiales en las facturas que se pagan a los proveedores; debe realizar registros contables y administrativos especiales e informar de ellos a la instancia que subsidia el proyecto para la correcta elaboración de reportes financieros, y debe elaborar reportes técnicos que incluyan evidencias de las actividades realizadas durante la ejecución del proyecto.

Se comprende que esos controles sean necesarios para un apropiado control del uso de los recursos, pero es una realidad también que las pequeñas empresas no cuentan con una estructura organizacional suficiente y preparada para afrontar dichas actividades, lo que genera costos adicionales porque muchas veces hay que contratar personal adicional que se encargue de ellas.

Otro aspecto crítico en los programas de apoyo a las pequeñas empresas radica en los rubros de los que carece. En particular, la obtención de un apoyo federal implica la ampliación de las operaciones normales de la empresa (terreno adicional, instalaciones para crear áreas de laboratorio, pruebas, diseño, desarrollo e innovación), existen necesidades presupuestales especiales para la ejecución del proyecto, pero los apoyos no contemplan recursos fuera de las operaciones típicas, como la cobertura de gastos adicionales o el financiamiento para obra civil.

Siguiendo con el renglón de la evaluación de los programas, se debe resaltar que muy pocas empresas conocen de la existencia de los apoyos para el desarrollo, y entre las que sí disponen de información, son muy pocas las que saben cómo emprender el mar de trámites necesarios para allegarse los recursos. Más aún, entre los que sí saben qué hacer, están todavía aquellos que no están dispuestos a afrontar los costos mayores que traerá el proyecto y los esfuerzos administrativos necesarios.

La experiencia de Kinematics es paradigmática de esa situación, ya que el dueño de esta empresa, a pesar de ser una persona con alta preparación académica, no sabía de la existencia de los apoyos que a la postre obtuvo. Una serie de casualidades, la existencia del SATE en Sonora y un especial interés de los agentes de la FUMEC permitieron que la empresa emprendiera el camino de los trámites para obtener los recursos que al final le dieron un gran impulso a su desarrollo tecnológico, a su posición en el mercado y, en general, a su consolidación como empresa proveedora de la industria automotriz y de autopartes.

Por último, se debe mencionar que muchas veces los objetivos generales de los programas de fomento al desarrollo de las pequeñas empresas podrían ser contradictorios entre sí. Un ejemplo muy nítido son los objetivos del desarrollo tecnológico de la empresa y el fomento al empleo. En el caso de Kinematics, el desarrollo tecnológico de la empresa está fuera de toda duda, pero sí implicó, como se dijo líneas arriba, una reestructuración del empleo, ya que la reducción de los operarios y el incremento de los diseñadores significó en términos netos una disminución del empleo. Desde luego que al final se debe evaluar que la empresa, aunque opera con menos empleados, ofrece una mejor calidad de los puestos porque están mejor pagados. Así, se puede observar que al tener menor personal, pero más calificado y de mejores ingresos, hace que la empresa cumpla con los altos estándares de calidad que impone la industria automotriz.

Bibliografía

Barcelata Chávez, Hilario (comp.) (2012), *Desarrollo, pobreza y política social en México. Textos de Julio Boltvinik*, España, Universad de Málaga.

Brown, Flor y Lilia Domínguez (2010), "Políticas e instituciones de apoyo a la pequeña y mediana empresa en México", en Carlo Ferraro y Giovani Stumpo (comps.), *Políticas de apoyo a las PYME en América Latina,* Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Contreras, Oscar F., Álvaro Bracamonte, Jorge Carrillo, Paula Isiordia-Lachica, Roberto Jiménez, María de los Ángeles Navarrete, Luis Felipe Munguía, Jaime Olea, Luis Felipe Romero, José Manuel Sánchez y Vicente Solís (2005), *Estudio sobre el impacto de la ampliación de la Ford Motor Co. en Hermosillo, Sonora* (Resumen Ejecutivo), México, FUMEX-Colson.

Contreras, Oscar F. y Jorge Carrillo Viveros (2011), "Las empresas multinacionales como vehículos para el aprendizaje y la innovación en empresas locales", en Álvaro Bracamonte y Oscar F. Contreras, *Ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo económico*, México, Colson-Coecyt.

Contreras, Jorge Carrillo y Arturo Lara (2006), *Redes de producción global y aprendizaje local: el caso de Ford en Hermosillo, México*, México, El Colegio de Sonora.

El Colegio de México (Colmex) (2011), *Evaluación específica de costo-beneficio 2010-2011 del Fondo* PYME, Centro de Estudios Económicos.

Freyssenet, Michel (2011), "Los inicios de la segunda revolución del automóvil. Estrategias de empresas y políticas públicas", en Álvaro Bracamonte y Oscar F. Contreras, *Ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo económico*, México, Colson-Coecyt.

Garrido, Celso y Beatriz García (2011), "Cap. VI. Políticas para impulsar conductas innovadoras de las PYMES en México", en Marco Dini y Giovanni Stumpo (comps.), *Políticas para la innovación en las pequeñas y medianas empresas de América Latina*, CEPAL-ONU.

Huerta, Heliana Monserrat y María Flor Chávez Presa (2003), "Tres modelos de política económica en México durante los últimos setenta años", *Revista Análisis Económico*, vol. 18, núm. 1, México.

Isiordia-Lachica, Paula (2012), "Aprendizaje tecnológico e innovación en PYME metalmecánicas y de tecnologías de la información en Sonora: el papel de las redes globales y las instituciones locales en la transferencia de conocimiento", tesis de doctorado, México, El Colegio de Sonora.

ITESM (2009), *Evaluación Integral 2008-2009 del Fondo de Apoyo a la Micro, Pequeña y Mediana Empresa (Fondo PYME)*, México, Centro de Estudios Estratégicos.

Medina Ramírez, Salvador (2013), "La industria de autopartes", *Comercio Exterior*, vol. 63, núm. 3, mayo-junio, México.

Ochoa Valladolid, Karen (2005), "La industria automotriz en México: las expectativas de competitividad del sector de autopartes", *México y la Cuenca del Pacífico*, vol. 8, núm. 26, diciembre.

Rodríguez Sánchez, Leopoldo (2011), "Cómo impulsar a los innovadores a nivel regional. Recomendaciones desde una perspectiva institucional", en Álvaro Bracamonte y Oscar F. Contreras, *Ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo económico*, México, Colson-Coecyt.

Sandoval, Sergio y Pablo Wong (2005), "Especialización regional, integración de proveedores e impactos locales. El nuevo proyecto de expansión de Ford-Hermosillo", *Región y Sociedad*, vol. XVII, núm. 33, México, El Colegio de Sonora.

Secretaría de Economía (2012a), "Industria Automotriz", monografía, México, Dirección General de Industrias Pesadas y de Alta Tecnología.

Secretaría de Economía (2012b), *Programa Estratégico de la Industria Automotriz 2012-2020*, México, Dirección General de Industria Pesada y Alta Tecnología.

Secretaría de Economía (2013), Industria Autopartes, ProMéxico y Unidad de Inteligencia de Negocios.

Sorey, David J. (1998), "Six Steps to Heaven. Evaluating the Impact of Public Policies to Support Small Businesses in Development Economies", *Working paper,* núm. 59, Reino Unido, University of Warwick.

UNAM (2006), *Evaluación del otorgamiento de recursos del Fondo PYME*, Instituto de Ingeniería.

Valenzuela, Alejandro (2012), "Confianza e innovación en las pequeñas empresas metalmecánicas y de tecnologías de la información de Sonora", tesis de doctorado, México, El Colegio de Sonora.

World Bank (2007), *Evaluating Mexico's Small and Medium Enterprise Programs*.

Capítulo 9
Determinantes de las prácticas organizacionales de innovación ambiental en el sector automotriz mexicano: entre la manufactura sustentable y el (des) control de emisiones en diseño[1]

Humberto García Jiménez,[2] Alex Covarrubias V.

Introducción

La literatura sobre los determinantes de la innovación ambiental le otorga un rol importante a la regulación ambiental. Hacia mediados de los ochenta, se presenta la primera oleada de este tipo de estudios, inspirados por la teoría económica neoclásica, que centra sus recomendaciones en la preeminencia de los instrumentos de mercado mediante la aplicación de modelos de equilibrio general computable (Frondel et al., 2008). En este grupo de investigaciones, el medio ambiente es una variable externa al funcionamiento económico que se internaliza cuando los agentes valorizan su participación en su estructura productiva. La

[1] Este capítulo ha sido auspiciado por los siguientes proyectos: *1)* Proyecto Conacyt CB 2011/167814 "La reconfiguración de los sistemas sociales de producción y los sistemas de empleo en la industria automotriz de Norteamérica, en el contexto actual de crisis global y respuestas transnacionales: las oportunidades para México", coordinado por el Dr. Alex Covarrubias V., y *2)* Proyecto PRODED DSA/103.5/14/7513 "Las estrategias productivas de Ford y Nissan en relación con la 2ª Revolución Automotriz Mundial (2RA): un estudio comparativo", coordinado por el Dr. Humberto García Jiménez. Correo electrónico: <hgarciajm@uaem.mx>.

[2] Profesor-investigador de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Correo electrónico: <humbertgarciajm@hotmail.com> y Profesor-investigador Titular de El Colegio de Sonora. Correo electrónico: <acova@colsonmx.onmicrosoft.com>. Una parte de estos hallazgos de investigación ha sido publicada en García Jiménez, Humberto (2015), *Sistemas Complejos e Innovación Ambiental del sector automotriz en México*, El Colegio de México y Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

consecuencia observable de este enfoque es que las fuerzas del mercado propician la innovación ambiental y no su regulación.

Una segunda generación de investigaciones se realiza con enfoques alternativos a la ortodoxia económica, en la cual se reconocen capacidades cognitivas de los agentes económicos para procesar información ambiental de su actividad. Desde esta perspectiva, se ha ido construyendo cierto consenso acerca de la importancia que tiene la regulación para generar innovaciones ambientales. El trabajo que marca esta tendencia es el de Porter y Van Der Linde (1995), quienes demostraron que una regulación ambiental estricta es un factor clave determinante de la innovación. Principalmente, debido a que ésta crea la "necesidad" de que las empresas busquen continuamente la disminución de sus costos de cumplimiento; generando con el tiempo ventajas competitivas respecto de otras firmas no sujetas a regulaciones ambientales similares.

A partir de Porter y Van Der Linde, se han realizado estudios que hacen uso de técnicas multivariadas para observar la influencia de la regulación sobre la innovación; utilizando los gastos destinados a la protección ambiental como una variable proxy de la estricta aplicación normativa (Brunnermeier y Cohen, 2003; Jaffe y Palmer, 1997). En este grupo de investigaciones también se ha generado discrepancia sobre la direccionalidad regulación-innovación ambiental; pues mientras Jaffe y Palmer (1997) no encuentran evidencias empíricas claras de asociación, Brunnermeier y Cohen (2003) obtienen un impacto significativo de los gastos ambientales sobre la innovación ambiental.

Una visión adicional presentan aquellos estudios basados en la teoría de las capacidades (*Resource-based view approach*), cuyo principal planteamiento es que la competitividad de las empresas depende de la calidad y cantidad de los recursos disponibles y de la capacidad para optimizar su uso. Desde esta perspectiva, la regulación ambiental (como instrumento de política industrial) mejora la competitividad de las empresas en la medida en que impulsa la generación de innovaciones ambientales provechosas tanto para la sociedad como para la estrategia de negocios de la empresa (Fouts y Russo, 1997; citado por Iraldo et al., 2009). Más recientemente, Dechezleprêtre y Sato (2014) han mostrado que cualquier ecuación sobre los costos de la regulación ambiental debe balancearse contra los beneficios de un crecimiento verde, sus beneficios económicos intersectoriales y su capacidad de inducción de innovaciones tecnológicas ambientales.

Dentro de esta línea, Chappin y colaboradores (2009) han realizado estudios de corte transversal y longitudinal, en los cuales se puede apreciar con mayor claridad el rol que tienen los instrumentos de política en la difusión de tecnologías ambientales y el impacto que tiene la regulación sobre la innovación ambiental. Qingjiang y colaboradores (2013) ofrecen una perspectiva adicional,

pues permiten ver las disparidades regionales producidas por la regulación en la innovación ambiental.

En esta línea, pero desde el punto de vista del mercado, la difusión de Sistemas de Manejo Ambiental tipo ISO 14001 han sido una herramienta ampliamente difundida como plataforma de competencia. Su existencia ha sido identificada por diversos estudios como un incentivo organizacional para la ocurrencia de innovaciones ambientales. A pesar de ello, no existe consenso sobre la naturaleza de sus bondades reales. En Europa, se han realizado investigaciones empíricas para evaluar los beneficios de este tipo de certificaciones sobre el desempeño ambiental mediante estudios de caso y la aplicación de modelos multivariados (Mazzanti y Zoboli, 2006; Frondel et al., 2008; Rennings et al., 2006; Horbach, 2008).

Las evidencias que surgen de dichos estudios no son unívocas. Según Iraldo et al. (2009), los estudios basados en la búsqueda de mejores prácticas encuentran una relación positiva entre la aplicación de sistemas de manejo ambiental tipo ISO 14001 y su desempeño ambiental (Fresner y Engelhardt, 2004; Hillary, 2004; Newbold, 2006); mientras que otros estudios revelan que tales beneficios en algunas ocasiones están muy lejos de ser cuantificables o realmente percibidos (Ghisellinia y Thurston, 2005). Incluso otras investigaciones cuestionan la direccionalidad positiva entre los sistemas de manejo ambiental y las innovaciones ambientales, demostrando que éstas no son el resultado de aquéllos, sino todo lo contrario (Ziegler y Nogareda, 2009). La evidencia mixta continúa hasta la fecha; Smith (2015) documenta casos que muestran una relación positiva contra otros que exhiben lo opuesto, lo que la lleva a subrayar el rol decisivo que adopta el diseño de políticas públicas y su capacidad para promover prácticas de mejora continua.

A pesar de esta discrepancia, en la literatura existe consenso sobre los beneficios que un sistema de manejo ambiental tiene sobre el desempeño ambiental, pero acotado a la maduración temporal del sistema y sólo en aquellas condiciones donde las capacidades organizacionales están lo suficientemente desarrolladas como para influir en la operación de las certificaciones ambientales (Rennings et al., 2006; Mazzanti y Zoboli, 2006; Wagner, 2007; Iraldo et al., 2009).

Desde la innovación ambiental en el diseño del producto, los estudios se han centrado en el análisis de los procesos tecnológicos centrados en la selección de materiales alternativos (magnesio, aluminio, acero) (Tharumarajah y Koltun, 2007), y en el desarrollo de nuevas tecnologías de trenes de transmisión motriz, dirigidos a la eficientización de motores de combustión interna, la aplicación de motores eléctricos y el desarrollo de celdas de combustible (Van den Hoed, 2007). Una línea emergente de investigación trabaja en enfoques más comprensivos de políticas públicas que puedan estimular el desarrollo innovativo de autos eléctricos y su demanda en el mercado.

En México, a excepción del trabajo de García-Jiménez (1999) y Domínguez (2006), no existen estudios que consideren el rol diferenciado del mercado y la regulación sobre la innovación ambiental. En este sentido, el objetivo del capítulo es mostrar el rol de la regulación y del mercado en las acciones de innovación ambiental (AIA) del sector automotriz, tanto al nivel de la manufactura como en el diseño de los automóviles que se producen y comercializan en México.

Para este capítulo, una práctica organizacional de innovación ambiental (PIA) es la adaptación de tecnología ambiental a las condiciones de proceso y diseño de producto, la cual es ejercida por ingenieros de una empresa e imbricada en su interacción social. Las tecnologías ambientales consideradas en el estudio son: *a)* tecnologías de control de la contaminación, incluye tecnologías de tratamiento de aguas residuales, *b)* tecnologías limpias de proceso: nuevos procesos manufactureros que disminuyen la contaminación, y *c)* equipo para monitorear la contaminación.

Este estudio presenta evidencia empírica que contribuye a atender algunos de los vacíos descritos. Por una parte se analiza el impacto simultáneo que ejercen la regulación y los mecanismos de mercado sobre las prácticas organizacionales de innovación ambiental (PIA) del sector automotriz. Por otra parte, el estudio de las PIA se efectúa al nivel del tipo de producto automotriz que circula en el mercado mexicano. Mientras que el nivel de internalización de prácticas organizacionales alude a los procesos, tecnologías y diseños de manufactura para efectuar protocolos ambientales, el nivel del producto aprecia los esfuerzos para llevar al mercado vehículos ambientalmente más amigables.

En esta perspectiva, el punto de partida de esta investigación resulta así único, si bien es de subrayarse su carácter preliminar. En cualquier caso, se pretende ampliar el horizonte de discusión y aportar nueva evidencia para el debate sobre los alcances e impactos de los mecanismos de mercado *versus* aquellos que provienen de la regulación.

A partir de la aplicación diferenciada de instrumentos de política en relación con prácticas organizacionales de las empresas para la toma de decisiones ambientales, esta investigación muestra que la combinación de instrumentos económicos y políticos aplicados en distintos tiempos propicia la adopción de innovaciones ambientales. En sentido opuesto, el estudio de los mapas ambientales de los productos ofertados por las mismas empresas exhibe que los impactos de unos mecanismos y otros han sido muy distintos en el caso de la industria automotriz mexicana (IAM). Las normas de gobierno para estimular la producción de vehículos energéticamente más eficientes han venido introduciendo regulaciones de protección ambiental a los que las empresas reaccionan con programas de innovación vehicular incrementales (*piecemeal strategies*) y mercado-dependientes (*path dependency*), mostrando con ello que el mercado determina y los mecanismos de la regulación del gobierno se ajustan.

El documento consta de esta introducción y cinco partes más. En la sección II se muestran los rasgos generales de las empresas visitadas y las PIA que sirven de base para distinguir sus momentos evolutivos. La sección III describe la manera en que la regulación ambiental influye sobre las PIA considerando la lógica operativa de las empresas automotrices para, posteriormente, enfatizar el papel que ejerce el programa "industria limpia" y el sistema de gestión ISO 14001 en la organización de la protección ambiental.

La sección IV describe las regulaciones emitidas por el gobierno para controlar las emisiones e impactos sobre el ambiente de los autos ofertados (huellas de carbono, contaminantes y gases de efecto invernadero), además de aquellas que propician la adopción de vehículos bajo un paradigma tecnológico distinto al de los vehículos tradicionales (bajo la dupla motor de combustión interna/petróleo [MCI/P]). La sección V ofrece cuadros de los mapas tecnológicos y ambientales de los principales carros producidos y vendidos por la IAM. Los mapas describen los sistemas de desplazamiento (*power train systems*) de los diez principales automóviles producidos en el país, consumidos y exportados por ocho armadoras (Ford, GM, VW, FCA, Toyota, Nissan, Honda y Mazda).[3] Se describen veinte variables, que el análisis concentra en tres dimensiones críticas: motor/energía utilizada, rendimiento de combustible y emisiones.

Las conclusiones del capítulo destacan la necesidad de una política ambiental que profundice la implementación de programas de autogestión como el de "Industria Limpia" y la promoción de certificaciones internacionales tipo ISO 14001 para mejorar las prácticas ambientales que permitan darle mayor sustentabilidad al sector automotriz en México. Al tiempo de promover programas de gobierno que incentiven la producción y el consumo de autos alternativos, que rompan la dependencia de la dupla motor de combustión interna/petróleo (MCI/P) de la IAM, que es la jaula de hierro del siglo pasado de donde proviene el paradigma tecnológico que opera en la IAM (Covarrubias, 2013).

I. Rasgos generales de empresas visitadas

La investigación se realiza en dos momentos temporales, en la primera etapa se aplicaron entrevistas en profundidad con gerentes de manufactura encargados de

[3] Los mapas tecnológicos básicos de los sistemas de desplazamiento retratan la arquitectura primaria de propulsión de un vehículo: motor-energía-transmisión-eje de transmisión (diferencial; suspensión y ruedas). En conjunto, estos elementos (*powertrain system)* conforman el corazón tecnológico de un vehículo, pues definen una forma de relación motor-(tipo de) combustible para ser traducido en energía que transmite una potencia de movimiento.

la gestión ambiental en nueve plantas de ensamble final y de autopartes (cuadro 1), entre agosto de 2008 y septiembre de 2009. La batería de preguntas para obtener evidencia empírica respecto del rol que desempeñan los sistemas de autogestión ambiental y la regulación ambiental en el tipo de innovaciones ambientales son las siguientes:

1. Existe alguna presión de la corporación (o de los clientes) para modificar sus procesos hacia otros que tengan menor impacto ambiental.
2. ¿De qué manera la demanda por adoptar la ISO 14001 impulsa la adopción de tecnologías limpias de proceso o el rediseño de la manufactura?
3. Describir el proceso de certificación, ¿cuándo empezó y quiénes participaron en su elaboración?
4. Madurez del sistema de manejo ambiental: ¿en qué etapa se encuentra actualmente y cuáles fueron las fases anteriores? Esto con base en el desempeño de sus principales indicadores ambientales.
5. Armonización del sistema de gestión ambiental con la aplicación del ISO 9000 u otro relacionado con la calidad del proceso.
6. Detallar el proceso de re-organización de procesos y responsabilidades dentro de la empresa para reducir el impacto ambiental de la manufactura.
7. Mostrar proyectos que ejecuten los procedimientos de la ISO para el mejoramiento continuo.
8. Reconstrucción de la trayectoria de cumplimiento (o incumplimiento) normativo de la empresa con base en:

    - Desarrollo del programa Industria Limpia. Fechas de certificación y refrendos.
    - Relación del programa Industria Limpia con la ISO 14001 e ISO 9001 u otro certificado de calidad en la industria automotriz.
    - Principales tecnologías ambientales y medidas organizacionales implementadas a lo largo de las fases de aplicación del programa de Industria Limpia.

9. Producto de la aplicación de esta batería de preguntas, describa el proceso de involucramiento de las prácticas organizacionales en el proceso de toma de decisiones ambientales.

En la segunda parte, se elaboran y analizan los mapas tecnológicos y ambientales de los 10 principales automóviles producidos en el país, consumidos y exportados por 8 armadoras (Ford, GM, VW, FCA, Toyota, Nissan, Honda y Mazda)

entre 2010 y 2015. Los mapas dan cuenta del tipo de motor/energía utilizados, el rendimiento de combustible y las emisiones generadas. Lo anterior con base en la metodología y estimaciones del portal Eco Vehículos del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) y la Procuraduría de Defensa del Consumidor (Profeco). Otras fuentes utilizadas se detallan en la sección respectiva.

Unidades básicas de análisis y temporalidad por grupo de trayectorias

Para el estudio de las prácticas organizacionales, se clasifican las empresas según su evolución de competencias ambientales. Esto con base en el desarrollo de las capacidades tecnológicas y el grado de aprendizaje organizacional involucrado con las prácticas de innovación ambiental (PIA) de las empresas visitadas. Las empresas se clasifican en diferentes momentos de evolución según la ocurrencia de acciones de innovación ambiental del cuadro 2. Como se puede observar en el esquema 1, de las nueve empresas analizadas, seis se encuentran o han pasado durante su trayectoria ambiental por el momento I; siete han iniciado o pasado alguna vez por el momento II; una se encuentra en transición del momento I al II, y una más ha pasado desde el momento I al III. Para caracterizar a cada grupo de empresas, se toma a aquellas que durante su vida productiva transitaron por algún momento evolutivo. Mientras que, para realizar el análisis de trayectorias en momentos de transición, la unidad de estudio son todas aquellas que han pasado por cada uno de los momentos evolutivos. Las trayectorias básicas que se muestran en el esquema 1 son:

Trayectoria 1. Se ubican las empresas que iniciaron actividades y permanecen dentro de las características del momento evolutivo I.

Trayectoria 2. Son empresas que nacieron en el momento I y que se encuentran en fase de transición hacia el momento II.

Trayectoria 3. En ésta se incluyen empresas que por sus características productivas nacieron en el momento evolutivo I, pero que ahora se encuentran en el momento II.

Trayectoria 4. Abarca empresas que iniciaron su vida productiva en el momento II desde su nacimiento y que aún siguen en él.

Trayectoria 5. Se ubican las empresas que han transitado por los tres momentos evolutivos. La empresa I es la única que se encuentra en esta condición.

II. La regulación en los momentos de evolución ambiental

En nuestro país, el sector automotriz está fuertemente influenciado por la aplicación combinada de instrumentos de comando-control y los de cumplimiento voluntario. En este caso, los paradigmas de la regulación ambiental para el sector automotriz han sido de dos tipos: el primero que arranca en los ochenta basado en la realización de inspecciones federales de "comando y control" para verificar los niveles de cumplimiento y, el segundo, que inicia a principios de los noventa basado en el cumplimiento escalonado de la normatividad para aquellas empresas que hubieran suscrito compromisos con la autoridad ambiental (Profepa).

Lo anterior, exhibe un cambio de orientación en la política ambiental, pues aun cuando se sigue conservando el aspecto vinculado con las inspecciones y las multas por incumplimiento, se crea un programa de autogestión ambiental (llamado Programa Industria Limpia) cuyo principal atractivo para las empresas consiste en tener la oportunidad de resolver las deficiencias de cumplimiento sin la aplicación de multas inmediatas y el otorgamiento de plazos sucesivos para cumplir la normatividad ambiental. En esta modalidad, cuando la empresa llega a una determinada fase de cumplimiento, la autoridad otorga una certificación que acredita a la empresa dentro del programa, con lo cual ésta recibe sólo inspecciones bianuales en lugar de las tradicionales de cada año.

Ambas tendencias son producto de un cambio en el aparato institucional encargado de vigilar las actividades ambientales del sector automotriz, las cuales fueron promovidas por la nueva Ley del Equilibrio Ecológico Federal (LEEGEPA) aprobada en 1988. A partir de esta reforma, se crea una entidad encargada de vigilar el cumplimiento normativo (Profepa), y se eleva a rango de Secretaría de Estado las funciones ambientales con la creación de la Semarnat. Ahora bien, ¿cuál ha sido la influencia de estas acciones en la ocurrencia de PIA en el contexto de la transformación del sector automotriz? Esto se presenta a continuación.

Momento I

Desde finales de los ochenta, la aplicación de PIA comienza a desempeñar un rol importante dentro del funcionamiento de las filiales automotrices. Según García-Jiménez (1999), durante ese periodo algunas filiales transnacionales inician acciones ambientales que abarcan desde la creación de departamentos especializados hasta la implementación de medidas de monitoreo y control de residuos para cumplir los mínimos exigidos por la regulación ambiental vigente en aquel momento.

En una estructura operativa dual donde las empresas del centro del país se enfocan al mercado interno y las del norte se enfocan a la exportación, no existen

los incentivos suficientes para que las filiales homogeneicen sus prácticas ambientales con las mejores a nivel internacional. En aquel contexto, el tipo de relación entre la corporación y las filiales en México se sustenta básicamente por la transferencia de ganancias de éstas a aquélla (vía el pago por uso de patentes según la cantidad de automóviles ensamblados y vendidos a un sobreprecio en el mercado local), la estrategia competitiva se basaba en la disminución de costos administrativos (*v. gr*., vía la utilización de mano de obra barata) y la producción del mayor número de unidades en el menor tiempo posible.

De acuerdo con nuestro trabajo de campo, este comportamiento lo siguieron tres grupos de empresas. El primero que inicia durante la década de los sesenta (empresa F), otro que inició a finales de los setenta y la primera mitad de los ochenta (empresas C, E, I), y el tercero que comienza operaciones a mediados de los noventa y principios del nuevo siglo (empresas A, B, D). Por ejemplo, durante ese tiempo, la empresa F se mantuvo en niveles básicos de cumplimiento ambiental más relacionado con las actividades de mantenimiento de maquinaria que en labores de protección ambiental.

La convergencia de la primera crisis económica en México (1982) y el súbito aumento competitivo de las armadoras japonesas en Estados Unidos propicia que la empresa F comience un lento proceso de transformación tecnológica, el cual se acompaña de un plan corporativo de inversión que implica la instalación de una fábrica más de ensamble en la región centro occidente del país.

Aun cuando la vocación de la empresa F seguía enfocada hacia el mercado interno, su corporación inicia desde mediados de los ochenta un plan que moderniza sus prácticas organizacionales. En 1982, la empresa recibe una de sus primeras auditorías ambientales por parte del gobierno, como resultado de ésta, se tiene que elaborar un programa de cumplimiento regulatorio para ajustarlo a la normatividad ambiental de aquel momento.

En esa coyuntura, la empresa F recibe instrucciones de su corporativo para crear un departamento ambiental adscrito al área de ingeniería de mantenimiento y ejecutar las observaciones que habían recibido sobre las no conformidades de la auditoría gubernamental. Con el inicio de operaciones de su otra planta de ensamble (1984) y ante la necesidad de unificar las actividades ambientales de ambas, en 1989, los ingenieros que participaron en los primeros cumplimientos normativos diseñan, junto con sus pares corporativos, un Plan Ambiental para sus plantas ubicadas en Norteamérica.

En este contexto, durante los ochenta y principios de los noventa, el tipo de problemas que el departamento ambiental resuelve es lo relacionado con los requerimientos de cumplimiento de la normatividad aplicada en sus procesos. Específicamente, el confinamiento de residuos peligrosos y no peligrosos (1990), el pre-tratamiento de aguas residuales (1991), y la remediación de sitios contaminados (1991).

El conocimiento de los ingenieros del primer grupo (1982-1989) que conforma el departamento ambiental se relaciona con materiales y mantenimiento a nivel de la línea de producción. De formación profesional en ingeniería química, sus actividades se limitan al cumplimiento normativo sin intervenir en las actividades del proceso de manufactura.

El segundo grupo de empresas que transitaron por este momento evolutivo comparten el mismo contexto y algunas similitudes con la empresa F. Por ejemplo, la empresa C que había iniciado operaciones en 1979, crea su departamento ambiental como entidad independiente de ingeniería de planta en 1988, la E lo hace en 1990 y la I en 1994. Todas ellas comparten la imposición de multas y recomendaciones derivadas de las inspecciones de la autoridad ambiental, como evento precedente de la organización y contratación de personal especializado en cuestiones ambientales. Aunque dicha sucesión temporal no es del todo homogénea dada la temporalidad de los eventos relacionados con su aprendizaje organizacional y las consecuencias no previstas en que derivó dicho proceso.

En el caso de la empresa C, la imposición de una multa por su no cumplimiento origina la necesidad de agruparse con empresas de su mismo giro instaladas en la región, lo cual tuvo el objetivo de intercambiar experiencias sobre la aplicación de ciertas normas ambientales, que abrió un canal de comunicación no sólo para comentar experiencias, sino también para actuar como sector para la elaboración de normas a nivel estatal. Esto coincide con la directiva de su corporación por obtener el certificado ISO 14001 como requerimiento para seguir siendo proveedor de primera y segunda líneas de sus clientes ensambladores. La movilización de recursos que se realiza para dar cumplimiento a las no conformidades de la auditoría gubernamental también sirve para integrar los equipos de trabajo necesarios para la ISO 14001; aunque su certificación se obtuvo 10 años después (1992).

En la empresa E, la implementación de esquemas operativos de control y la contratación de personal especializado en cumplimiento normativo sirve de base para que, a principios de 1991, se elabore un plan ambiental corporativo, que se agrega a los requerimientos que tenía que cumplir la construcción de la nueva fábrica. Por su parte, la empresa I es multada por haber confinado inadecuadamente sus residuos peligrosos en 1993. La multa evidencia que la estructura organizacional para aplicar acciones de protección ambiental no era suficiente ni útil en un nuevo entorno de mayor exigencia respecto del cumplimiento normativo.

El último grupo de empresas que transitan por este momento evolutivo son aquellas que inician actividades a mediados de los noventa y primera mitad de este siglo. Estas empresas se caracterizan por haber comenzado en poco tiempo su transición hacia el momento II, de sólo un año respecto de los 15 años que les llevó a las otras empresas transitar de momento I al II. Es decir, pasar de PIA motivadas

por la regulación ambiental (momento I) hacia aquellas determinadas por la dinámica de sus procesos manufactureros (momento II). El factor clave para que esto suceda es que el inicio de estas empresas se produce al amparo de la liberalización comercial y la definición de una estrategia de negocio enfocada en la exportación de automóviles; donde la protección ambiental queda inserta en sus prácticas productivas ya reconocidas en el sector automotriz.

Dados los cambios en el marco institucional de la aplicación ambiental y las modificaciones en la estrategia competitiva del sector ante la apertura comercial, el tipo de problemas ambientales que resuelve el momento I son los relacionados con el cumplimiento normativo, sin la intervención en las actividades de manufactura. Por la externalidad de medio ambiente en la operación de las empresas, en el momento I la aplicación de las PIA tiende a elevar los costos operativos, erosionando su ganancia dada por su principal competencia (*i. e.*, la producción de automóviles con un sobreprecio y el pago de patentes). Bajo estas condiciones, las empresas automotrices se inclinan por el cumplimiento mínimo de la normatividad ambiental para no afectar su estructura de costos y mantener la continuidad de sus actividades, reduciendo el impacto sobre sus ingresos por la introducción de medidas ambientales.

Así, durante los ochenta y principios de los noventa, el tipo de problemas que el departamento ambiental resuelve es lo relacionado con los requerimientos de cumplimiento de la normatividad aplicada en sus procesos. Aunque las competencias ambientales se homogeneizan a lo largo del sector, la coexistencia de procesos de aprendizaje organizacional diferenciado perfila mecanismos de interacción que propician la composición de estructuras organizacionales isomórficas, pero con procesos cognitivos divergentes. Pese a ello, el momento I del sector automotriz en México desarrolla las competencias ambientales suficientes para que las empresas implementen acciones de innovación ambiental ligadas con el manejo y confinamiento de residuos peligrosos, la instalación de plantas pre-tratadoras de aguas residuales y la remediación de sitos contaminados (véase cuadro 3).

Transición del momento I al II

La transición del momento I al II inicia a mediados de los noventa, cuando el cumplimiento normativo se integra en las actividades de manufactura, ¿en qué momento las competencias ambientales alcanzadas del momento I dejan de ser suficientes para tener un desempeño ambiental acorde con las exigencias del entorno? La respuesta es cuando las competencias ambientales alcanzadas en el momento I no sólo tienen que resolver el problema de cumplimiento normativo,

sino también controlar los problemas ambientales originados por el incremento de los residuos, ya sea por cambios en la manufactura del producto o por aumentos en los *stocks* de producción.

En otras palabras, aunque las empresas logran tener capacidad administrativa para manejar normativamente la disposición de los residuos, no tienen controladas las cantidades generadas durante el proceso de manufactura; lo cual, conforme pasa el tiempo, se convierte en un aspecto crítico debido a los crecientes costos de disposición; cuando las competencias ambientales no sólo tienen que cumplir la normatividad, sino que también deben hacerlo al menor costo posible. Así, ante las ausencias de conocimiento manufacturero para eficientizar los costos de cumplimiento, se inicia una serie ensayos de prueba y error de los ingenieros ambientales para disminuir el flujo de residuos que propician la evolución hacia el momento II de las prácticas organizacionales de innovación ambiental.

Dado que los ensayos de prueba y error suponen numerosos tanteos que corresponden tanto a repeticiones de lo que ya se hacía con anterioridad como a correcciones derivadas de los errores y fracasos de la actividad ambiental, surgen los momentos de transición donde se gestan las nuevas prácticas organizacionales que estabilizan el comportamiento ambiental de la empresa en un nuevo momento de evolución. La serie de ensayos y errores que caracterizan la transición del momento I al II son las siguientes:

1. *Adaptación de procesos* a condiciones locales, esto es, la adaptación del proceso de acuerdo con las especificaciones del producto que debido a los incrementos en los costos de confinamiento acelera la implementación de programas de reducción de *scrap*, tanto de aguas residuales como de manejo de residuos peligrosos.
2. *Reducción de tiempos muertos* en la línea de ensamble, a través de la rotación de tareas, círculos de calidad, equipos de trabajo y manufactura celular, que en algunas empresas ha implicado también el reordenamiento de las líneas de producción.
3. *Implementación del programa de reducción de scrap* mediante la aplicación de formas de organización que incluyen el trabajo en equipo de ingenieros, supervisores y operadores, la implementación del justo a tiempo y el control total de la calidad como formas de organización del trabajo.

Momento II

Con la liberalización comercial y la implementación de programas de cumplimiento ambiental desde las agencias gubernamentales (programa industria limpia),

las empresas del sector automotriz homogeneizan sus prácticas ambientales con las que la corporación mantiene a nivel mundial. Como ya se mencionó, ello implicó la creación de una estructura organizacional enfocada al cumplimiento normativo.

Dados los elevados costos para cumplir con la normatividad y en un momento en que las empresas automotrices participan en la complementariedad de la demanda de su principal mercado, el desempeño ambiental se va incorporando en la estrategia de eficientizadora de procesos. El cumplimiento ambiental normativo se inserta en la estructura organizacional mediante su incorporación en la manufactura del producto, lo cual significa un cambio cualitativamente importante respecto del momento I, pues en el momento II las funciones ambientales no sólo se enfocan al cumplimiento normativo, sino que también se integran con la calidad y la seguridad e higiene laboral.

El mecanismo detrás de esta dinámica es el cambio que tienen las filiales en relación con su red corporativa. En el momento II aquéllas se constituyen como unidades de costo que reciben un presupuesto anual corporativo, cuya responsabilidad de manejo está a cargo de las agencias locales de la planta. En este esquema, el corporativo solicita el producto y la empresa se responsabiliza de organizar el proceso de manufactura, cumpliendo con sus obligaciones administrativas, requerimientos de calidad (por ejemplo, ISO 9001 y 9002) y diferenciación del producto. Aquí, su estrategia competitiva se basa en la eficientización de procesos con estándares de calidad, mediante la disminución de costos unitarios (*i. e.,* control de inventarios y reducción de tiempos muertos en la línea de producción). Aquí, las agencias locales (ingenieros, técnicos y operadores) intervienen con mayor intensidad en los procesos mediante la aplicación de mayores niveles de conocimiento manufacturero en actividades ambientales.

En este escenario, la principal fuente competitiva es la eficientización de procesos, vía incrementos en la productividad y calidad del producto, con lo cual la reducción de costos unitarios tiene un mayor peso que la disminución de costos administrativos, propia de la estrategia de las empresas del momento I. Bajo esta perspectiva, los costos del control ambiental son observados de una manera menos nociva respecto de su principal competencia debido a que éste se distribuye sobre la base del costo unitario, es decir, permite tolerar un mayor costo administrativo asociado con el control ambiental, pero vinculado con su estrategia de racionalización de procesos de manufactura.

Dicho en otras palabras, el nuevo rol asignado a las empresas automotrices como plataformas de exportación genera, a la par con el cumplimiento de la normatividad ambiental, la necesidad de implementar proyectos de protección ambiental asociados con su contribución al rendimiento general de la filial en su red corporativa. Así, la racionalización de las acciones ambientales se empieza a

operar con base en el rendimiento promedio que éstas tienen sobre su estructura de inversión. En este momento, las PIA se observan como una inversión más que como un gasto, es decir, como una ventana de oportunidad para eficientizar el uso de sus recursos.

En esta fase, la industria automotriz comienza a implementar acciones relacionadas con el reciclaje, el uso de agua y el ahorro de energía que, dentro del proceso manufacturero, se traducen en medidas sistemáticas de disminución de desechos de producción (*scrap*), el cual, como criterio de eficiencia productiva, tiene un impacto indirecto sobre la generación de residuos (véase cuadro 3).

De acuerdo con nuestro trabajo de campo, las plantas que nacieron en el momento II y que todavía permanecen en él, se caracterizan porque desde el inicio de operaciones sus competencias ambientales estuvieron orientadas hacia el cumplimiento normativo y la eficientización de procesos. Sin embargo, las presiones para que ello sucediera de esa manera ocurren en tiempos y contextos diferenciados.

Por ejemplo, el nacimiento de la empresa G (1984) ocurre en torno de una asociación entre su corporativo y una empresa japonesa para ensamblar unidades ligeras y medianas aplicando técnicas de producción japonesas (novedosas para su momento), relacionadas con el justo a tiempo (en inventarios y procesos) y círculos de calidad. Mientras que la empresa H nace en 1994 como proveedora de motores de mediano cilindraje (V6 y V8) para la empresa E, con todo y los requerimientos de calidad y de gestión ambiental exigidos por ésta a aquélla.

De tal manera que, mientras la empresa G incorpora funciones ambientales en sus procesos como requisito de entrada para generar economías de escala ascendentes, la empresa H ejecuta dicha integración debido a que nace cuando la gestión ambiental es parte de las exigencias de la red de proveeduría automotriz.

III. El papel del programa "Industria Limpia" y el sistema de gestión ISO 14001

En las plantas visitadas, el evento crítico de incorporación al momento II es la obtención del certificado ISO 14001. A nivel organizacional, ello representa la culminación de una serie de esfuerzos de coordinación interna que implican el involucramiento de las actividades ambientales en las funciones de manufactura. El certificado en sí mismo representa la existencia de un sistema de administración enfocado a la gestión de sus asuntos ambientales; el cual abarca desde el cumplimiento normativo de todos sus procesos hasta la integración con las actividades relacionadas con la calidad del producto (ISO 9001 o ISO 9002).

En este sentido, el grado de maduración que las empresas desarrollan en la práctica del cumplimiento normativo y la aplicación de formas de organización, enfocadas a la racionalización de sus procesos, son factores que condicionan la integración del medio ambiente en la producción. De hecho, en todas las empresas visitadas, la aplicación cronológica de los estándares inicia con los referidos a la gestión de la calidad (ISO 9001 y 9002; TS-16649), seguido por el programa industria limpia y los sistemas de gestión ambiental tipo ISO 14001. Bajo esta tesitura, la firma de convenios con la Profepa para incorporarse al programa normativo "Industria Limpia" y las certificaciones de calidad e implementación de formas de organización del trabajo asociadas con el Justo a Tiempo y Control de la Calidad ha generado dinámicas de integración entre los equipos de medio ambiente, producción y calidad.

Las competencias ambientales alcanzadas en este momento evolutivo han sido fruto de la concatenación de los factores mencionados, pues si bien cada uno de los departamentos mantuvo su operación independiente uno de otro, sus funciones conservan la transversalidad operativa suficiente como para que la disminución de residuos se integre a la eficientización de procesos.

Así, la obtención del certificado de industria limpia (de naturaleza normativa) es el punto de partida para cumplir la sección correspondiente exigida en el sistema tipo ISO 14001. Pero no tan sólo a nivel del cumplimiento documental de las normas, sino también por la experiencia organizativa que implica la necesaria práctica transversal del medio ambiente en los procedimientos de todas las fases de manufactura y calidad del producto.

Ello también ha sido motivado por el hecho de que las empresas situadas en esta dinámica tienen la necesidad de ejecutar sus operaciones cumpliendo varios estándares de calidad en forma simultánea. Razón por la cual han necesitado eficientar los costos operativos de su implementación tanto por el involucramiento de sus recursos humanos como por su optimización operativa.

Por ejemplo, en el caso de la empresa E, el programa de industria limpia y la integración de equipos de producción, calidad y medio ambiente promovidos tanto por la Profepa como por la ISO 14001 permitió que ésta estuviera en la posibilidad de implementar una quinta fase de una planta tratadora de aguas residuales, la cual incluía: *a)* un rediseño de procesos en el área de pintura (para disminuir sus aguas y emisiones); *b)* la racionalización de la segregación de materiales, y *c)* la implementación de un programa de reducción de *scrap* a lo largo de toda su cadena de producción.

En síntesis, en un contexto donde las empresas automotrices asimilan el cumplimiento normativo (vía la certificación de sus procesos en el programa "Industria Limpia") e implementa la ISO 14001 (como requisito del mercado para seguir

compitiendo en el sector), se generan procesos que desembocan en la incorporación de las PIA en la estrategia de eficientización manufacturera. En consecuencia, las empresas automotrices del sector en México homogeneizan sus prácticas de protección ambiental con su red corporativa global.

El tipo de problemas que resuelve la estructura organizacional de este momento de evolución está relacionado con el cumplimiento regulatorio y la eficientización de sus procesos. En otras palabras, lo normativo que en el momento I se realiza como un imperativo gubernamental (haciendo que lo ambiental sea visto como una carga adicional de gastos), en el momento II se refuncionaliza en la eficientización de procesos; integrándose una nueva estructura organizacional que expande las funciones ambientales confinadas al cumplimiento administrativo en las actividades de producción y mantenimiento (véase cuadro 4).

El rol combinado de la regulación vía la aplicación del programa "industria limpia" y el impulso del mercado para que las empresas se certifiquen en el estándar ISO 14001 desarrolla PIA en dos etapas:

1ª etapa. Implementación de acciones referidas al control de emisiones, manejo de residuos, segregación de materiales, la remediación de sitos contaminados y la instalación de plantas pre-tratadoras de aguas residuales, donde el factor determinante para instrumentarlas es la regulación ambiental y, en algunos casos, la política ambiental del corporativo.

2ª etapa. Instrumentación de acciones que involucran la reducción de residuos, vía procesos relacionados con el tratamiento de aguas residuales y el reciclaje indirecto; todo ello como PIA que buscan reducir los costos de confinamiento y tener un mejor aprovechamiento de sus insumos, como parte de la integración de la ISO 14001 con los estándares de calidad (ISO 9001 y TS-1649). Así, al tiempo que los equipos de medio ambiente mantienen como principal función el cumplimiento normativo, los de calidad y producción incorporan en sus actividades de manufactura consideraciones de protección ambiental. Ésta deja de ser función exclusiva del departamento ambiental para ser considerada una práctica que se difunde al ámbito cotidiano del resto de áreas de producción. En este punto, el involucramiento de la protección ambiental en actividades retoma las formas de organización relacionadas con el justo a tiempo (en inventarios y procesos) y el control total de la calidad.

IV. Las regulaciones para promover el control de emisiones y la producción de carros limpios

Hasta el momento, se han descrito las acciones ambientales originadas por la normatividad ambiental y la ISO 14001 en los procesos de manufactura en México.

Veamos ahora lo que está sucediendo en lo relacionado con el diseño de automóviles con menor impacto ambiental. La Norma Oficial Mexicana vigente para el control de emisiones se emitió en 2013. Se trata de la Norma 163 (DOF, 21-06-2013), de Semarnat-ENER-SCFI que define las emisiones de bióxido de carbono (CO2) provenientes del escape y su equivalencia en términos de rendimiento de combustible, aplicable a vehículos automotores nuevos de peso bruto vehicular de hasta 3,857 kg. Esta norma parte de asumir la premisa del efecto de las emisiones automotrices sobre la calidad del aire y los gases de efecto invernadero. De acuerdo con la Semarnat (2013), los vehículos automotrices son responsables de 95% de monóxido de carbono, 75% de óxidos de nitrógeno, 50% de los hidrocarburos, 60% de particulares inhalables y 25% de bióxido de azufre.

La NOM 163 está homologada con la estadounidense del Corporate Average Fuel Economy (CAFE), promulgada por la administración Obama, para extenderse de 2012 a 2016. Ambas establecen la meta de obtener un promedio de 15 km/litro para vehículos ligeros y de pasajeros. El CAFE ha determinado que para 2025 la eficiencia promedio de un vehículo deberá alcanzar los 23 km/litro.[4]

En cuanto a emisiones de dióxido de carbono (CO2), la NOM determinó que para 2014 estos vehículos no debían rebasar emisiones de CO2 de 169.9 g/km. Al efecto, la Semarnat asume lo que está ampliamente documentado respecto del efecto de las emisiones automotrices sobre estos elementos.

Por cuanto al consumo de autos ambientalmente más amigables se refiere, en el país aún no se concretan incentivos para que los consumidores se dirijan hacia ellos. Del lado de los corporativos se ha hecho común anotar que la opción que representan los autos híbridos y eléctricos no aplica en México debido a que, por un lado, se tiene un limitado poder adquisitivo de los consumidores potenciales y porque el gobierno no emprende acciones como en otros países para incentivarlos, por el otro.[5] A pesar de que la Comisión Federal de Electricidad (CFE) ha tenido la disponibilidad de instalar unidades de carga extra en los hogares que compren un auto eléctrico, la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA) ha

[4] Cfr. Department of Transportation (DOT) en <https://www.transportation.gov/mission/sustainability/goals> y Environmental Potection Agency (EPA) en <http://www3.epa.gov/>. Por otra parte, 15 km/l es un dato redondeado. El CAFÉ lo ha fijado en 14.5; la NOM 163 en 14.9. Para este último punto, SE-Semarnat-Sener en <http://207.248.177.30/mir/uploadtests/27743.177.59.17.Presentaci%C3%B3n%20Costo-beneficio%20NOM163%20COFEMER.pdf>.

[5] Axel Sánchez, en *El Financiero,* cita a Marcos Pérez, director de Desarrollo de Producto de Ford, comentando al respecto: "…en el país falta mucho por trabajar ante la falta de facilidades del gobierno para hacer que los consumidores se interesen por este tipo de vehículos… es necesario que existan subsidios que promuevan su venta". En *5 autos ahorradores y 5 que consumen más gasolina en México* (5-11-2014), <http://www.elfinanciero.com.mx/empresas/los-autos-ahorradores-y-los-quemas-consumen-gasolina-en-mexico.html>.

manifestado que no existen incentivos suficientes para que se adquiera este tipo de vehículos. Por ejemplo, gracias al gobierno de California, Estados Unidos, los consumidores reciben un subsidio de 10,000 USD para la compra de autos con las nuevas tecnologías (Brody, 2007).

Mapas tecnológicos de los sistemas de desplazamiento

Los cuadros 6 y 7 listan los diez modelos producidos en México que más se comercializan en el país y los de importación mayormente comercializados. El cuadro 8 presenta los cinco modelos mayores de exportación generados en la IAM. En conjunto, esta información cubre alrededor de 80% de los vehículos producidos y comercializados en México, mediante la identificación de 20 variables que el análisis concentra en tres dimensiones críticas: motor/energía utilizada, rendimiento de combustible y emisiones.

Los autos de mayores ventas internas

Respecto de los vehículos producidos por la IAM de mayor circulación interna, cinco son de Nissan (Versa, Tusru, March, Sentra y Tiida), dos son de GM (Aveo y Spark) y tres de VW (Vento, Nuevo Jetta y Jetta Clásico). En cada caso, se presentan las diferentes versiones que más se venden. Tres elementos son críticos a observar: el tipo de energéticos en uso, la eficiencia energética y las emisiones que afectan la calidad del aire y contenido de gases de efecto invernadero.

La nota inmediata por subrayar es que todos trabajan con motores de combustión interna con base en gasolina, excepto dos versiones del Nuevo Jetta que usan diésel (el de transmisión Gear Direct Shift y el Manual). No figuran, por tanto, en este espectro de preferencias de los consumidores mexicanos los vehículos híbridos, menos aún los eléctricos. Ello es así, no obstante que en el mercado mexicano hay una amplia gama de vehículos con mayor eficiencia ambiental, como el Fusion Híbrido, el Civic Híbrido, el Smart Híbrido, el Honda CR-Z Híbrido y el Prius Híbrido, entre otros.[6] Lo que se ha venido observando es que varios de estos modelos se producen en México, pero para exportarse a Estados Unidos. Luego, su comercialización en el país se realiza vía importación con los costos agregados que ello implica. De acuerdo con la AMIA (2016), a septiembre de 2016, se han

[6] Con base en estudios del International Council on Clean Transportation, un vehículo híbrido emite aproximadamente un tercio menos de gases que los vehículos convencionales. ICCT, en <http://www.theicct.org/>.

comercializado en el país 5,306 vehículos híbridos; mientras que de los eléctricos se han vendido tan sólo 189.

¿El resultado? Después de once años de comercialización de autos híbridos y eléctricos en el país, apenas si se nota su presencia y México no figura en forma alguna entre las naciones tomando acciones efectivas para su despliegue. Considérese que el parque vehicular del país ronda los 30 millones de vehículos para dimensionar el peso de aquel número de autos alternativos.

Ayuda a la eficiencia energética que una proporción importante de los autos que circulan en México son vehículos subcompactos (seis) y compactos (cuatro), con cilindrajes predominantes de 1.6 y de 2 litros, respectivamente. En este tipo de carros, la eficiencia energética promedio es de 15.4 km/litro, en rendimiento ajustado, donde el valor más alto lo da el Spark de GM, con 20.3 km/litro, y el más bajo lo da el Nuevo Jetta con transmisión Tiptronic, con 13.7. De conformidad con la Norma Oficial Mexicana 163 a 2014, el rendimiento combinado de combustible para este tipo de vehículos debía ser de 14 km/litro promedio; por encima de los parámetros de la NOM. En contraste, de acuerdo con el Centro Mario Molina (2012), los "top runners" que se comercializan a nivel mundial alcanzan eficiencias energéticas de 30-35 km/litro.

En contraste, de acuerdo con el Portal Eco Vehículos (2016), las emisiones no sólo dependen del tamaño y eficiencia del vehículo, sino también de los sistemas de control de contaminantes.[7] En cuanto a las emisiones de óxido de nitrógeno (NOx), la calificación promedio de contaminación de aire para este tipo de vehículos es de 6.43 (sobre una escala de 1 a 10, donde 10 es más limpio).[8] Mientras que, para la emisión de gases de efecto invernadero, la calificación sale un poco mejor (promedio de 6.9, sobre una escala similar donde 10 es más eficiente).

[7] La eficiencia energética hoy día se ve afectada por una variedad de sistemas y subsistemas vehículares, incluyendo el peso y la aerodinámica, el cuerpo y material del auto, la resistencia a la rodadura de los neumáticos, los sistemas de arranque y parada, la capacidad de recuperación de la energía cinética en el frenado, y la transmisión y sistemas auxiliares de desplazamiento. Todo ello en adición al tipo y sistemas de motores.

[8] Las estimaciones de rendimientos y eficiencias provienen del portal de Eco Vehículos de INECC, CONUEE y Profepa (http://www.ecovehiculos.gob.mx). Se basan en metodologías de la agencia estadounidense Environment Protection Agency (EPA), la australiana Green Vehicle Guide (https://www.greenvehicleguide.gov.au/), entre otros. Es importante enfatizar que las estimaciones de rendimientos y emisiones provienen de las empresas armadoras. El presunto fraude cometido por VW en la alteración de los datos sobre emisiones de algunos de sus autos ha llevado a ONG especializadas a advertir que sus estimaciones indican que las ensambladoras reducen entre 30 y 40% los datos de emisiones que reportan (Cfr. T&E, 15-10-2015, en <http://www.transportenvironment.org/news/european-carmakers-confronted-%E2%80%98end-diesel%E2%80%99>). En este documento se ha complementado la información de "mapas tecnológicos" con otras fuentes de la AMIA, las páginas de las empresas y otras. Véanse las fuentes completas al final de la tabla 2.

No obstante, las emisiones de dióxido de carbono (CO2) de estos coches son en promedio de 196 g/km, por encima de lo establecido en la NOM-163, que determina un límite de emisiones de CO2 de 169.9 g/km. Lo cual significa que los vehículos nuevos más vendidos en México son más contaminantes de lo permitido. De acuerdo con la organización no gubernamental europea Transport & Environment (2015), las emisiones promedio de los carros vendidos en el mundo es de 168 g/km para motores de gasolina y de 170 g/km para motores diésel. Es decir, las emisiones de los coches pequeños vendidos en México son también superiores a la media de emisiones de los vehículos comercializados en el mundo, de todo tamaño, pesos, motores y potencias. También se encuentran por encima del límite de emisiones establecido por la Comisión Europea para 2015, 130 gramos de CO2 por kilómetro.[9]

Los autos de mayor importación y exportación

En cuanto a los autos más importados, se trata en todos los casos de Motores de Combustión Interna (MCI) con base en petróleo. Ocho de ellos son SUV (Renault Duster y Mazda CX-5), Pick Up (Toyota Hilux y Ford Ranger), autos de lujo (VW Passat y Nissan Altima) y Minivans (Toyota Sienna y Honda Odyssey). Su eficiencia ajustada energética es de 9.9 km/l, con el Duster ocupando la clasificación del mejor rendimiento (15.2 km/l) y el Odyssey con la clasificación más baja (7.3 km/l). Estos vehículos emiten 24 g/1000 km de óxido de nitrógeno y sus gases de efecto invernadero alcanzan cinco puntos en promedio sobre una escala de 1 a 10. Mientras que sus emisiones de CO2 adoptan un promedio de 249 g/km, que es más elevado que el promedio de los autos compactos producidos y vendidos en México.

Adicional a lo anterior, la eficiencia energética de autos nuevos se cancela por el incremento de autos usados traídos de Estados Unidos, haciendo que la edad promedio de los vehículos en circulación alcance los 18 años. Ello propicia que, de acuerdo con CNN (2013) que retoma un informe de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), México sea uno de los mayores consumidores de gasolina per cápita.[10] Covarrubias (2013) argumenta sobre el desplazamiento de la

[9] Los datos de Transport & Environment revelan que en 2014 varios países de Europa central ya cumplían esta norma: Holanda (107 gramos), Grecia (108), Portugal (109), Francia (112) y España 118.6); Alemania, contra todo pronóstico, se había rezagado con 132.5 gramos de CO2 por kilómetro, consecuencia de su afición por coches más grandes y de mayor potencia. Citado por *El País* (06-07-2015), en <http://elpais.com/elpais/2015/07/06/ciencia/1436183471_059406.html>.

[10] El reporte, citado por *CNN Expansión*, indica: consumo de gasolinas mayor en 22% que el de Alemania, 71% más que el de Italia, 103% al de Chile, 141% al de España y Francia, 192% al de Argentina y 242% al de Brasil: *México alto consumidor de gasolina* (01-13-2013), en <http://www.cnnexpansion.com/economia/2013/01/13/mexico-alto-consumidor-de-gasolina>.

producción y consumo de autos de la fórmula tradicional MCI/P a países como México, bajo una tendencia a la que denomina *la motorización tardía*.

En cuanto a los vehículos colocados en el exterior, de acuerdo con *Forbes* (2015), la mayoría de los automóviles más exportados por México a Estados Unidos (destino de 70% en promedio de las exportaciones totales) fueron unidades fabricadas principalmente bajo la misma fórmula MCI/P: Nissan Versa, Chevrolet Silverado 2500, Ram 2500, Ford Fusion y Nissan Sentra. De acuerdo con este reporte (*Forbes*, 2015), se trata de vehículos realmente devoradores de gasolina (*gass-guzzlers*). La mayoría de ellos son vehículos de ocho cilindros (de hecho todos los Silverados 2500 GM y Ram 2500 de Chrysler pertenecen a esta categoría). ¿El resultado? Ofrecen un rendimiento ajustado promedio de 8.3 km/litro, con el Nissan Versa en la mejor posición (14 km/litro) y el Ram 2500 4x4 en la peor (5.3 km/litro). Sus emisiones promedio son como sigue: 31 g/1000 de km de óxido de nitrógeno en promedio y sus gases de efecto invernadero alcanzan tres puntos en promedio (sobre una escala de 1 a 10). Finalmente, sus emisiones de CO2 alcanzan un nivel promedio de 316 g/km (véase cuadro 8).

Ninguno de estos datos es sorprendente si advertimos que el mercado de Estados Unidos ha girado de nuevo hacia los autos grandes, devoradores de gasolina, debido a la baja en los precios de las gasolinas propiciada por la "revolución del *gas shale*".[11]

V. Conclusiones

Este estudio aporta una aproximación única para analizar el impacto simultáneo que ejercen sobre las PIA del sector automotriz la normatividad ambiental y los mecanismos de mercado. Es una contribución original en el estudio de la IAM porque sigue las PIA en la manufactura y el tipo de diseño del producto que circula en México. De esta manera, se evalúan las prácticas organizacionales que afectan procesos, tecnologías y diseños de manufactura para efectuar protocolos ambientales y se evalúan los esfuerzos para llevar al mercado vehículos ambientalmente más amigables. Los resultados de la investigación exhiben una operación diferenciada de los mecanismos de gobierno y de mercado en la determinación de PIA para cada nivel.

En el nivel primero, el capítulo muestra que existe un efecto combinado de ambos mecanismos que se mezcla con la lógica evolutiva del sector en México. En cuanto a las certificaciones ambientales tipo ISO 14001, por ejemplo, la evidencia

[11] En el mercado de Estados Unidos, el precio de las gasolinas hoy es prácticamente la mitad del precio de referencia en 2012.

empírica muestra que ésta cataliza la incorporación de la protección ambiental en actividades de proceso (momento II) cuando las empresas han absorbido la experiencia de aplicar protocolos funcionales de cumplimiento normativo (Programa Industria Limpia). Es decir, cuando las empresas ya han constituido una organización dedicada al seguimiento normativo de sus actividades, la influencia de la ISO 14001 es determinante para que la protección ambiental se incorpore en las actividades de manufactura.

De tal manera que las PIA evolucionan desde aquellas asociadas a la implementación de protocolos de cumplimiento hasta la aplicación de tecnologías ambientales de control de residuos básicamente de uso de agua y manejo de residuos, según el grado de maduración de la empresa en el programa de industria limpia (véase cuadro 5).

En los casos observados, ambas certificaciones (ISO 14001 e Industria Limpia) co-evolucionan con la lógica eficientizadora que tienen las empresas automotrices en su red corporativa. La tendencia a integrarse con los sistemas de calidad y la diferenciación del producto convierte a la protección ambiental en una inversión más que en un gasto debido a la necesidad de disminuir los costos de cumplimiento normativo. Esto habilita la transversalidad de la protección ambiental en su estructura organizacional y la independencia operativa del área ambiental respecto de producción y calidad.

En síntesis, el programa de industria limpia y la ISO 14001 promueven la integración de PIA en las actividades de proceso manufacturero, mostrando con ello la manera en que las variables exógenas se endogeneizan en el comportamiento ambiental de la empresa automotriz, revelando, al mismo tiempo, que la determinación causal es menos directa de lo que tradicionalmente se piensa, pues ésta es producto de ensayos sucesivos de prueba y error, hasta el punto en que éstos permiten alcanzar un nivel satisfactorio para la resolución de problemas específicos en situaciones particulares.

Los mecanismos de regulación ambiental, en cambio, muestran limitaciones al momento de promover la transición en el paradigma tecnológico del diseño automotriz. Esto es, en la transición de MCI a sistemas ambientalmente amigables. La regulación ha empezado a actuar; empero, lo pobre de la producción y consumo de autos alternativos en México muestra que el problema se localiza en el mercado. El estudio de los mapas ambientales de los productos ofertados por las mismas empresas exhibe que frente a las normas de gobierno para estimular la producción de vehículos energéticamente más eficientes, las empresas reaccionan con programas de innovación vehicular incrementales (*piecemeal strategies*) y mercado-dependientes (*path dependency*).

Por eso, la conclusión más inmediata en este nivel es que el mercado determina y los mecanismos de gobierno se ajustan. Es posible argüir como variable explicativa la alta dependencia del mercado norteamericano para la comercialización vehicular de la IAM (70%, aproximadamente), y el hecho de que el mercado doméstico se limita grandemente a vehículos económicos compactos de arquitecturas en desuso en los mercados de los países desarrollados.

Las recomendaciones de nuestro estudio siguen también este carácter dual de los hallazgos. Desde la perspectiva de las prácticas organizacionales de las empresas es necesario que la aplicación de la regulación ambiental, vía la operación de esquemas de cumplimiento voluntario como el programa "Industria Limpia", se oriente hacia la eficientización del desempeño ambiental, según la lógica operativa de las empresas transnacionales. Aunque el tipo de innovaciones ambientales esperadas con dicho esquema tendrán un umbral crítico fácilmente alcanzable debido a las rigideces estructurales del paradigma tecnológico al que está anclado el automóvil, es destacable que la aplicación combinada de certificaciones internacionales y la aplicación normativa son claves para consolidar competencias que permitan alcanzar prácticas de protección ambiental que mejoren la sustentabilidad del sector automotriz en México.

Desde la perspectiva de la producción y mercado de autos ambientalmente más amigables, el país tiene todo por hacer. Otros países tienen años ensayando regulaciones y definiendo metas programáticas para incentivar el mercado de autos alternativos, principalmente eléctricos. Las instituciones de gobierno en el país han perdido de nuevo ya un tiempo preciso que, como en otras empresas, hace más empinado el camino del *catching up*. Por eso es obligado subrayar que el gobierno precisa movilizar su capacidad reguladora del mercado, pues si bien se puede argüir que la dependencia de la dupla motor de combustión interna/petróleo (MCI/P) es la que ha permitido el auge de la IAM, el boleto es costoso y cargado de riesgos ambientales. En un escenario global marcado por la incertidumbre y la fluidez de las innovaciones con aliento disruptivo —*i. e.*, no como el *piecemeal* que sólo le es dable a aquella dupla—, las bondades de vivir anclado en la era de tecnologías de combustiones y petróleo se convierten en una jaula de hierro. Y desde Weber, bien sabemos a dónde conducen esas jaulas de la historia.

Cuadro 1. Principales características de las empresas visitadas

Empresa	*Producto*	*Año de Fundación*	*Momento Ambiental (para ver características específica, véanse cuadros 2 y 3)*
A	Arneses Automotrices	2000	Nace en I
B	Ensamble de Camionetas	2003	En transición I a II
C	Ensamble y Maquinado de Cajas de Transmisión	1978	Nace en I, y se encuentra en II
D	Convertidores y Embragues	1998	Nace en I, y se encuentra en II
E	Ensamble de automóviles y camionetas	1980	Nace en I, y se encuentra en II
F	Ensamble de automóviles y camionetas	1961	Nace en I, y se encuentra en II
G	Ensamble de automóviles	1986	Nace en II
H	Pistones y Vielas para motores	1997	Nace en II
I	Arneses y Conexiones Automotrices	1987	Nace en II

Fuente: basado en García (2015: 103).

Cuadro 2. Eventos críticos que definen momentos de evolución ambiental

Momentos	*Aprendizaje organizacional*			*Competencias ambientales*		*Rol de la empresa en su red corporativa*
	Distribución organizacional	*Tipo de problemas resueltos*	*Integración de especialidades*	*Habilidad (el saber hacer)*	*Conocimiento (saber)*	
I	Departamento Ambiental sin vinculación	De cumplimiento normativo	Ingenieros químicos	Recomendaciones de cumplimiento	Normatividad aplicada al proceso de producción	Shelter/Filial
II	Departamento Ambiental vinculado a producción, calidad y mantenimiento	Eficientización de desempeño ambiental. El M. A. como forma de optimizar el presupuesto y buscar nuevos insumos	Ingeniería química vinculada con ingeniería de producción y mecánica	Elaboración de un *flow chart*, focalizando fases críticas de la manufactura para intervenirlo	Características de la manufactura, derivada de la experiencia en la adaptación y cambio de procesos	Filial
III	Departamento Ambiental vinculado a diseño de procesos y productos	Investigación de diseños en producto, con el objetivo de disminuir los residuos en sus procesos	Ingeniería Concurrente entre Mecatrónica, Nanotecnología, Química y Física en el diseño de productos y procesos	Recomendaciones para optimizar el diseño del producto, enfocado en la disminución de residuos y en el no uso de sustancias restringidas	Conocimiento sobre las características físicas y químicas de los insumos requeridos para el diseño del producto	

Fuente: basado en García (2015: 76).

Cuadro 3. Acciones de innovación ambiental según momentos evolutivos

Características	*Momentos evolutivos*		
	I	*II*	*III*
Tipo de problemas resueltos	Cumplimiento normativo	Eficientización del desempeño ambiental en la manufactura	Eficientización del desempeño ambiental en manufactura y diseño de nuevos prototipos de producto
Integración de especialidades funcionales	Ingenieros químicos	Ingeniería química vinculada con la ingeniería de producción y calidad	Ingeniería concurrente: mecatrónica, nanotecnología y física
Forma de organización	El departamento ambiental coordina trabajos de cumplimiento normativo. Su labor se limita a la sugerencia de actividades ambientales	El departamento ambiental coordina las actividades ambientales, mediante la aplicación programa de reducción de *scrap*, equipos de trabajo, manufactura celular. Las adaptaciones y rediseños se realizan para disminuir el flujo de residuos en la manufactura	El departamento ambiental se integra directamente en las actividades de diseño del producto y la operación de la manufactura en piso de producción

Fuente: basado en García (2015: 151).

Cuadro 4. Acciones de innovación ambiental re-funcionalizadas según momento de evolución

Momento 0	*Transición*	*Momento I*	*Transición*	*Momento II*
Acciones previas		*Acciones previas refuncionalizadas*		*Acciones previas refuncionalizadas*
Nula atención al problema ambiental generado por sus actividades	Auditorías gubernamentales y sanciones por incumplimiento normativo	Formación de personal de ingeniería química para atender requerimientos	Necesidad de disminuir costos ambientales debido a: escasez de recursos naturales, incremento de costos de confinamiento	Incorporación del personal de medio ambiente en actividades de manufactura. El objetivo es disminuir costos por disposición e incorporar el medio ambiente en la estrategia de eficientización de procesos

Fuente: García (2015: 152).

Cuadro 5. Acciones de innovación ambiental según grado de maduración del programa "Industria Limpia"

Industria limpia	*Acciones de innovación ambiental*
1ª. Fase	Estructuración de un compromiso corporativo de protección ambiental
2ª. Fase	Resolución de no conformidades relacionadas con: confinamiento de residuos, aguas residuales y remediación y manejo de sitios contaminados por residuos peligrosos
3ª. Fase	Obtención de la certificación, con la promesa de no recibir auditorías por 2 años. Aplicación de reciclaje indirecto, racionalización del agua y la energía eléctrica.

Fuente: García (2015: 155).

Cuadro 6. Mapa técnico: los diez modelos de vehículos más vendidos en México (2014-2015)

Category	Group	Model	Units	Market share	Version/Doors	Especifications				Fuel Efficiency						Emissions			EcoVehicles rate	
						Size	Cylinders	Potency	Transmission	Fuel	Yearly consumpt Mexican ($)	City (km/l)	Highway (km/l)	Mixed (km/l)	Adjusted (km/l)	Yearly CO2 (g/km)	Yearly CO2 (Kg)	NOx (g/1000km)	Greenhouse gases	Air pollution
Subcompact	GM	Aveo	65,394	5.8	4	1.6 L	4	103 HP	Manual	Gasoline	15,800	14.27	21.93	16.93	12.7	184	2,760	24	7	7
					4	1.6 L	4	103 HP	Automátic	Gasoline	14,500	13.09	21.04	15.77	11.83	197	2,955	54	7	5
Subcompact	Nissan	Versa	53,777	4.7	SEDAN 4	1.6 L	4	106 HP	Manual	Gasoline	13,800	15	21.1	18.61	13.96	167	2,505	18	8	?
					SEDAN 4	1.6 L	4	106 HP	Automátic	Gasoline	14,200	14.6	20.9	18.27	13.7	170	2,550	24	8	?
Subcompact	Nissan	Tsuru	45,524	4	GS 4	1.6 L	4	105 HP	Manual	Gasoline	14,100	14.7	22	17.28	12.96	180	2700	55	8	5
Subcompact	VW	Vento*	38,474	3.4	02-abr	1.6 L	4	105 HP	Manual	Gasoline	17,700	11.71	21.79	16.18	12.14	192	2,880	42	7	?
					02-abr	1.6 L	4	105 HP	Automátic	Gasoline	21,300	9.69	20.59	14.11	10.58	220	3,300	42	6	?
Subcompact	Nissan	March	36,565	3.2	5	1.6 L	4	106 HP	Manual	Gasoline	13,800	15	20.9	18.55	13.91	168	2520	17	8	?
					5	1.6 L	4	106 HP	Automátic	Gasoline	13,900	14.9	20.7	18.42	13.82	169	2535	27	8	?
Subcompact	GM	Spark*	36,479	3.2	5	1.2 L	4	81 HP	Manual	Gasoline	11,700	17.74	24.81	20.35	15.26	153	2,295	58	8	5
Compact	VW	Nuevo Jetta	35,054	3.1	MKVI GLI 4 TFSI TURBO	2 L	4	210 HP	Manual	Gasoline	16,900	12.2	22.22	15.31	11.48	203	3,045	15	7	8
					MKVI 4	2 L	4	115 HP	Manual	Gasoline	18,700	11.06	20.25	13.9	10.42	224	3,360	8	6	9
					MKVI 4	2 L	4	115 HP	Tiptronic	Gasoline	18,300	11.27	18.74	13.73	10.3	226	3,390	8	6	9
					MKVI GLI 4 TFSI TURBO	2 L	4	210 HP	Direct Shift Gearbox	Gasoline	17,400	11.9	20.41	14.65	10.99	212	3,180	15	6	8
					MKVI 4 p	2.5 L	5	170 HP	Tiptronic	Gasoline	17,700	11.66	19.26	14.18	10.63	219	3,285	23	6	7
					MKVI 4 p	2.5 L	5	170 HP	Manual	Gasoline	18,000	11.48	20.66	14.35	10.76	217	3,255	28	6	6
					MKVI TDI 4 Turbo Diesel	2 L	4	140 HP	Direct Shift Gearbox	Diesel	15,100	13.51	20.41	17.32	12.99	206	3,090	92	7	?
					MKVI TDI 4 Turbo Diesel	2 L	4	140 HP	Manual	Diesel	14,700	13.88	21.28	17.83	13.38	200	3,000	110	7	?
Compact	Nissan	Sentra 2.0	30,627	2.7	4	2 L	4	140 HP	Manual	Gasoline	15,500	13.3	18.4	15.2	11.4	205	3,075	20	7	7
					4	2 L	4	140 HP	X-Tronic CVT	Gasoline	15,200	13.6	19.7	15.8	11.85	197	2,955	90	7	4
Compact	VW	Clásico 4 ds	29,327	2.6	4	2 L	4	115 HP	Manual	Gasoline	16,100	12.81	20.64	15.45	11.59	201	3015	11	7	9
					4	2 L	4	115 HP	Tiptronic	Gasoline	17,500	11.81	20.66	14.63	10.97	212	3180	11	6	9
Compact	Nissan	Tiida Sedan	28,316	2.5	SEDAN 4	1.8 L	4	125 HP	Automátic	Gasoline	16,300	12.7	19	14.93	11.2	208	3120	126	7	2
					SEDAN 4	1.8 L	4	125 HP	Manual	Gasoline	16,000	12.9	17.8	14.72	11.04	211	3165	95	6	3
					SEDAN 4	1.6 L	4	106 HP	Manual	Gasoline	13,800	14.94	20.66	18.44	13.83	169	2535	20	8	?
Total			1,135,409	35.2	Average						15,920	13.19	20.63	16.2	12.15	196	2,946	41	7	6

1) Portal Eco Vehículos (http://www.ecovehiculos.gob.mx) del Instituto Nacional de Ecología y Cmabio Climático (INECC), la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) y la Procuraduría de Defensa del Consumidor (Profeco), 2) AMDA, http://www.motorpasion.com.mx/nissan/nissan-versa-2014, http://www.nissan.com.mx/content/tsuru/ficha-tecnica_2014.pdf , http://www.nissan.com.mx/content/sentra-ser/catalogo.pdf

Cuadro 7. Mapa técnico: los diez modelos de mayor importación en México (2014-2015)

Category	*Group*	*Model*	*Units*	*Market Share*	*Version/Doors*	*Especifications*				*Fuel Efficiency*					*Adjusted (km/l)*	*Emissions*			*Eco Vehicles rate*	
						Size	*Cylinders*	*Potency*	*Transmission*	*Fuel*	*Yearly cosnsumpti Mexican ($)*	*City (km/l)*	*Highway (km/l)*	*Mixed (km/l)*		*CO2 (g/km)*	*Yearly de CO2 (Kg)*	*NOx (g/1000km)*	*Greenhouse gases*	*Air pollution*
Subcompacr	VW	Vento	38,474	6.4	02-abr	1.6 L	4	105 HP	Manual	Gasoline	17,700	11.71	21.79	16.18	12.14	192	2,880	42	7	?
					02-abr	1.6 L	4	105 HP	Automática	Gasoline	21,300	9.69	20.59	14.11	10.58	220	3,300	42	6	?
Subcompact	GM	Spark	36,479	6.1	5	1.2 L	4	81 HP	Manual	Gasoline	11,700	17.74	24.81	20.35	15.26	153	2,295	58	8	5
SUV's	Renault	Duster	12,652	2.1	5	2 L	4	133 HP	Manual	Gasoline	16,800	12.3	18.4	15.85	11.89	196	2,940	40	7	?
					5	2 L	4	133 HP	Automátic	Gasoline	17,400	11.9	17.9	15.41	11.56	202	3,030	20	7	?
SUV's	Mazda	CX-5	12,246	2	FWD 5	2 L	4	153 HP	Manual	Gasoline	14,700	14.1	20.6	17.81	13.36	175	2,625	4	8	9
					FWD 5	2 L	4	153 HP	Automátic	Gasoline	14,400	14.4	20	17.86	13.39	174	2,610	6	8	9
					4WD 5	2 L	4	151 HP	Automátic	Gasoline	15,400	13.4	17.8	16.47	12.35	189	2,835	6	7	9
					FWD 5	2.5 L	4	184 HP	Automátic	Gasoline	20,700	10	17.4	13.75	10.31	226	3,390	28	6	?
					4WD 5	2.5 L	4	184 HP	Automátic	Gasoline	21,000	9.8	15.9	13.22	9.92	235	3,525	28	6	?
Pick Ups	Toyota	Hilux	8,783	1.5	Doble Cab 4X2 4	2.7 L	4	155 HP	Manual	Gasoline	23,800	8.7	11.5	11.1	8.33	280	4,200	10	4	9
Pick Ups	Ford	Ranger Crew Cab	6,913	1.2	Cab Doble 4	2.5 L	4	143 HP	Manual	Gasoline	21,800	9.5	12.7	10.71	8.04	290	4,350	46	3	5
					Cab Reg Chasis 2	2.5 L	4	143 HP	Manual	Gasoline	21,800	9.5	12.7	10.71	8.04	290	4,350	46	3	5
					Cab Reg 4	2.5 L	4	143 HP	Manual	Gasoline	21,800	9.5	12.7	10.71	8.04	290	4,350	46	3	5
					XL Crew Cab 4 Turbo	2.2 L	4	125 HP	Manual	Gasoline	14,000	14.6	12.5	14.97	11.23	239	3,585	27	5	?
					XL Crew Cab 4	2.5 L	4	164 HP	Manual	Gasoline	26,200	7.89	12.81	10.86	8.15	286	4,290	27	4	?
					XLT Crew Cab 4	2.5 L	4	164 HP	Manual	Gasoline	26,200	7.89	12.81	10.86	8.15	286	4,290	27	4	?
Luxury	VW	Passat	5,590	0.9	4 pts	3.6 L	6	280 HP	Direct Shift Gearbox	Gasoline	21,200	9.76	17.08	12.09	9.07	257	3,855	6	5	9
					CC 4	3.6 L	6	280 HP	Tiptronic	Gasoline	25,200	8.2	14.6	10.22	7.66	304	4,560	3	3	9
					CC 4 Turbo	2 L	4	200 HP	Direct Shift Gearbox	Gasoline	19,200	10.75	15.87	12.58	9.43	247	3,705	58	5	5
Luxury	Nissan	Altima	4902	0.8	4	2.5 L	4	136 HP	Automátic	Gasoline	13,800	15	22.6	17.67	13.26	176	2,640	6	8	9
					4	3.5 L	6	201 HP	Automátic	Gasoline	17,400	11.9	18.4	14.15	10.61	220	3,300	23	6	7
Minivan's	Toyota	Sienna	4,861	0.8	4X2 5	3.5 L	6	266 HP	Automátic	Gasoline	24,600	8.4	12.7	9.91	7.43	314	4,710	12	3	9
Minivan's	Honda	Odyssey	4741	0.8	LX 5	3.5 L	6	250 HP	Automátic	Gasoline	31,800	6.5	13.2	9.71	7.28	320	4,800	11	3	9
					EX 5	3.5 L	6	250 HP	Automátic	Gasoline	31,800	6.5	13.2	9.71	7.28	320	4,800	11	3	9
					EXL 5	3.5 L	6	250 HP	Automátic	Gasoline	31,800	6.5	13.2	9.71	7.28	320	4,800	11	3	9
					TOURING 5	3.5 L	6	250 HP	Automátic	Gasoline	31,800	6.5	13.2	9.71	7.28	320	4,800	11	3	9
Total			600,614	19.2	Average						21,307.41	10.47	16.18	13.2	9.9	249	3,734	24	5	8

1) Portal Eco Vehículos (http://www.ecovehiculos.gob.mx) del Instituto Nacional de Ecología y Cmabio Climático (INECC), la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) y la Procuraduría de Defensa del Consumidor (Profeco), 2) AMDA, http://www.motorpasion.com.mx/nissan/nissan-versa-2014, http://www.nissan.com.mx/content/tsuru/ficha-tecnica_2014.pdf , http://www.nissan.com.mx/content/sentra-ser/catalogo.pdf

Cuadro 8. Mapa técnico: los cinco modelos más vendidos de México en Estados Unidos

Category	*Group*	*Model*	*Units*	*Market share*	*Versión/Doors*	*Especifications*				*Fuel Efficency*					*Adjusted (km/l)*	*Emissions*			*Eco Vehícles rate*	
						Size	*Cylinder*	*Potency*	*Transmission*	*Fuel*	*Yearly consumpti Mexican ($)*	*City (km/l)*	*Highway (km/l)*	*Mixed (km/l)*		*CO2 (g/km)*	*Yearly CO2 (Kg)*	*NOx (g/1000km)*	*Green-house gases*	*Air pollution*
Compact	Ford	Fusion	261,637	13.9	4Turbo	2 L	4	240 HP	Automátic	Gasoline	17,700	11.7	18.76	15.48	11.61	201	3,015	10	7	9
					4	2.5 L	4	170 HP	Automátic	Gasoline	16,800	12.32	19.72	16.22	12.16	192	2,880	39	7	?
Light commercial & Pick ups	GM	Silverado 2500	215,546	11.5	Cab Reg 4X2 2	5.3 L	8	355 HP	Automátic	Gasoline	23,500	8.8	13.69	10.49	7.86	296	4,440	12	3	9
					Cab Reg 4X4 2	5.3 L	8	355 HP	Automátic	Gasoline	24,200	8.54	13.13	10.13	7.6	307	4,605	12	3	9
					Cab Ext 4X2 4	5.3 L	8	355 HP	Automátic	Gasoline	24,200	8.54	13.52	10.24	7.68	304	4,560	12	3	9
					Crew Cab 4X2 2	5.3 L	8	355 HP	Automátic	Gasoline	24,200	8.54	13.52	10.24	7.68	304	4,560	12	3	9
					Crew Cab 4X4 2	5.3 L	8	355 HP	Automátic	Gasoline	25,300	8.16	12.84	9.76	7.32	318	4,770	12	3	9
					Doble Cab 4X4 2	5.3 L	8	355 HP	Automátic	Gasoline	25,300	8.16	12.84	9.76	7.32	318	4,770	12	3	9
Light commercial & Pick ups	Chrysler	Ram 2500	191,710	10.2	Laramie Crew Cab 4X4 4	5.7 L	8	395 HP	Automátic	Gasoline	34,300	6.03	10.56	7.47	5.6	416	6,240	11	0	9
					R/T Cab Reg 4X2 2	5.7 L	8	395 HP	Automátic	Gasoline	32,400	6.37	10.08	7.63	5.73	407	6,105	15	0	8
					R/T Cab Reg 4X4 2	5.7 L	8	395 HP	Automátic	Gasoline	32,400	6.37	10.08	7.63	5.73	407	6,105	15	0	8
					SLT Crew Cab 4X2 4	5.7 L	8	395 HP	Automátic	Gasoline	32,600	6.35	10.09	7.62	5.72	408	6,120	15	0	8
					Longhorn Crew Cab 4X4 4	5.7 L	8	395 HP	Automátic	Gasoline	32,400	6.37	11.16	7.89	5.92	394	5,910	16	0	8
					ST Cab Reg 4X2 2	5.7 L	8	395 HP	Automátic	Gasoline	32,100	6.44	10.97	7.91	5.93	393	5,895	24	0	7
					SLT Crew Cab 4X4 4	5.7 L	8	395 HP	Automátic	Gasoline	36,700	5.69	10.29	7.12	5.34	436	6,600	83	0	4
					ST Cab Reg 4X4 2	5.7 L	8	395 HP	Automátic	Gasoline	36,700	5.63	10.29	7.07	5.3	440	6,600	119	0	3
					Laramie Crew Cab 4X2 4	5.7 L	8	395 HP	Automátic	Gasoline	32,500	6.36	10.59	7.75	5.82	401	6,015	151	0	2
Compact	Nissan	Sentra	ND	ND	4	1.8 L	4	129 HP	Manual	Gasoline	14,500	14.3	22.4	17.08	12.81	182	2,730	17	8	8
					4	1.8 L	4	129 HP	X-Tronic CVT	Gasoline	13,200	15.7	23.3	18.4	13.8	169	2,535	19	8	7
Subcompact	Nissan	Versa	ND	ND	SEDAN 4	1.6 L	4	106 HP	Manual	Gasoline	13,800	15	21.1	18.61	13.96	167	2,505	18	8	?
					SEDAN 4	1.6 L	4	106 HP	Automátic	Gasoline	14,200	14.6	20.9	18.27	13.7	170	2,550	24	8	?
Total			1,875,575	35.6	Average						25,667	9.05	14.28	11.08	8.31	316	4,739	31	3	8

1) Portal Eco Vehículos (http://www.ecovehiculos.gob.mx) del Instituto Nacional de Ecología y Cmabio Climático (INECC), la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) y la Procuraduría de Defensa del Consumidor (Profeco), 2) AMDA, http://www.motorpasion.com.mx/nissan/nissan-versa-2014, http://www.nissan.com.mx/content/tsuru/ficha-tecnica_2014.pdf , http://www.nissan.com.mx/content/sentra-ser/catalogo.pdf

Notas metodológicas del Portal Eco Vehículos:

- Calificación de gases de efecto invernadero (Global): 10= Más eficiente.
- Calificación de contaminantes al aire (Local): 10= Más limpio.
- El Gasto Anual Estimado de Combustible se calcula considerando 15,000 kilómetros recorridos al año en condiciones de manejo en ciudad, considerando combustible de tipo PREMIUM a un precio promedio de $13.78 pesos por litro (precio actualizado al 30-09-2014).
- La Emisión Anual Estimada de CO2 se calcula considerando 15,000 kilómetros recorridos al año.
- Cuando una calificación aparece con "?" significa que los datos necesarios para el cálculo no están disponibles para el vehículo, sin embargo, debido a que este vehículo es comercializado en México, sus características de emisiones contaminantes cumplen al menos con la norma NOM-042-Semarnat-2003 publicada en el DOF el 7 de septiembre de 2005.
- El uso de la gasolina PREMIUM favorece al medio ambiente, debido a sus más bajas emisiones contaminantes de SO2 y porque favorece a una mayor duración de la vida útil del convertidor catalítico del vehículo.
- Las emisiones de dióxido de carbono guardan una relación estrecha con el tipo de combustible que utiliza el vehículo. Para un mismo nivel de rendimiento, los vehículos que utilizan diésel como combustible generan mayores emisiones de dióxido de carbono que los vehículos que utilizan gasolina.
- Rendimiento combinado: parte de 55% del rendimiento en ciudad y 45% del rendimiento en carretera.
- Rendimiento ajustado: es un ajuste a las condiciones de manejo utilizado en Estados Unidos que se obtiene con la reducción de 20% del rendimiento combinado.
- La calificación de contaminantes al aire está relacionada con los niveles de emisiones de óxido de nitrógeno (NOx). En el caso de los autos a diésel, éstos no cuentan con un convertidor catalítico para NOx, lo que provoca que las emisiones de NOx sean mayores. Por otro lado, el diésel utiliza más aire en su combustión, lo que hace que tenga mayores cantidades de nitrógeno y, por tanto, mayores emisiones. Por último, el diésel tiene mayor poder calorífico, lo que hace que aumenten las emisiones de NOx dado que éste es un contaminante susceptible a las altas temperaturas.

Esquema 1. Trayectorias por momentos evolutivos

Trayectoria	Empresa	Momentos evolutivos		
1	A	I		
2	B	I -->	II	
3	C, D, E, F	I →	II	
4	G, H		II	
5	I	I →	II →	III

--> Trayectoria en Transición
→ Trayectoria Completa hacia el siguiente momento

Fuente: basado en García (2015: 101).

Bibliografía

AMDA (Asociación Mexicana de Distribuidores de Automotores), disponible en: <http://www.motorpasion.com.mx/nissan/nissan-versa-2014>, <http://www.nissan.com.mx/content/tsuru/ficha-tecnica_2014.pdf>, <http://www.nissan.com.mx/content/sentra-ser/catalogo.pdf>.

AMIA (Asociación Mexicana de la Industria Automotriz), Boletines diversos, disponible en: <http://www.amia.com.mx/>.

Brody, J. (2007), "Mental Reserves Keep Brain Agile", *The New York Times,* 11 de diciembre, disponible en: <http://www.nytimes.com>.

Brunnermeier, Smita B. y Mark A. Cohen (2003), "Determinants of Environmental Innovation in US Manufacturing Industries", *Journal of Environmental Economics and Managment*, vol. 45, núm. 2, pp. 278-293.

Centro Mario Molina (2012), *Propuesta Normativa para Regular el Rendimiento de Combustible*, disponible en: <http://centromariomolina.org/wp-content/uploads/2012/05/9.-PropuestaNormativaRegularREndimientoCombustibleVehiculosLigerosMexico_fin.pdf>.

Chappin, Maryse, Walter J. V. Vermeulen, Marius T. H. Meeus, Marko P. Hekkert (2009), "Enhancin our Understanding of the Role of Environmental Policy in Environmental Innovation: Adoption Explained by the Accumulation of Policy Instruments and Agent-Based Factors", *Environmental Science & Policy*, 12, pp. 934-947.

CNN Expansión (2013), disponible en: <http://www.cnnexpansion.com/economia/2013/01/13/mexico-alto-consumidor-de-gasolina>, 13 de enero.

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), disponible en: <https://www.gob.mx/conuee>.

Corporate Average Fuel Economy (CAFE), disponible en: <https://www.nhtsa.gov/laws-regulations/corporate-average-fuel-economy>.

Covarrubias, Alex (2013), "Motorización tardía y ciudades dispersas en América Latina: definiendo sus contornos, hipotetizando su futuro", *Cuadernos de vivienda y urbanismo*, VI(11), pp. 12-43.

Dechezleprêtre, Antoine y Misato Sato (2014), "The Impacts of Environmental Rgulations on Competitiveness", *Policy Brief,* noviembre, Global Green Growth Institute.

Domínguez V., Lilia (2006), *México: Empresa e Innovación Ambiental*, México, Facultad de Economía, Universidad Nacional Autónoma de México y H. Cámara de Diputados, LIX Legislatura.

Forbes-Mexico (2015), *Los 5 automóviles que más exporta México a Estados Unidos*, disponible en: <http://www.forbes.com.mx/los-5-automoviles-que-mas-exporta-mexico-a-eu/>, 25 de octubre.

Fouts, PA, Russo M.V. (1997), "A Resource-Based Perspective on Corporate Environmental Performance and Profitability", *The Academy of Management Journal*, 40, pp. 534-59.

Fresner, J. y G. Engelhardt (2004), "Experiences with Integrated Management Systems for Two Small Companies in Austria", *Journal of Cleaner Production,* 12, pp. 623-631.

Frondel, Manuel, Jens Horbach y Klaus Rennings (2008), "What Triggers Environmental Management and Innovation? Empirical Evidence for Germany", *Ecological Economic,* vol. 66, núm. 1, pp. 153-160.

García Jiménez, Humberto (1999), "Trayectorias productivas y Tecnología Ambiental en la industria maquiladora electrónica de Tijuana", *Región y Sociedad,* vol. XI, núm. 18, Revista del Colegio de Sonora, marzo.

García Jiménez, Humberto (2015), "Sistemas Complejos e Innovación Ambiental del sector automotriz en México", El Colegio de México y Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Ghisellinia, A. D. L. Thurston (2005), "Decision Traps in ISO 14001 Implementation Process: Case Study Results from Illinois Certified Companies", *Journal of Cleaner Production*, 13, pp. 763-777.

Hillary, R. (2004), "Environmental Management Systems and the Smaller Enterprise", *Journal of Cleaner Production*, 12, pp. 763-77.

Horbach, Jens (2008), "Determinants of Environmental Innovation: New Evidence from German Panel Data Sources", *Research Policy*, vol. 37, núm. 1, pp. 163-173.

Iraldo, Fabio, Francesco Testa y Marco Frey (2009), "Is an Environmental Management System able to Influence Environmental and Competitive Performance? The Case of the Eco-management and Audit Scheme (EMAS) in the European Union", *Journal of Cleaner Production*, 17, pp. 1444-1452.

Jaffe, F. B. y K. Palmer (1997), "Environmental Regulation and Innovation: A Panel Data Study", *Review of Economics and Statistics*, 97(4), pp. 610-619.

Ley del Equilibrio Ecológico Federal (LEEGEPA), disponible en: <http://conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/protocolo/LGEEPA.pdf>.

Mazzanti, Massimiliano y Roberto Zoboli (2006), "Examining the Factors Influencing Environmental Innovations", Fondazione Eni Enrico Mattei, disponible en: <http://www.feem.it/Feem/Pub/Publications /WPapers/default.htm>.

Newbold, J. (2006), "Chile' Environmental Momentum: ISO 14001 and the Large-Scale Mining Industry a Case Studies from the State and Private Sector", *Journal of Cleaner Production*, 14, pp. 248-61.

Nissan Sentra (2014), disponible en: <http://www.nissan.com.mx/content/sentra-ser/catalogo.pdf>.

Nissan Tsuru (2014), disponible en: <http://www.nissan.com.mx/content/tsuru/ficha-tecnica_2014.pdf>.

Nissan Versa (2014), disponible en: <https://www.motorpasion.com.mx/nissan/nissan-versa-2014>.

Norma Oficial Mexicana 163 (DOF: 21-06-2013), Semarnat-ENER-SCFI, disponible en: <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/6648/1/nom-163-semarnat-ener-scfi-2013.pdf>.

Portal Eco Vehículos del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) y la Procuraduría de Defensa del Consumidor (Profeco) (2016), disponible en: <http://www.ecovehiculos.gob.mx>.

Porter M. E., C. Van Der Linde (1995), "Toward a New Conception of the Environment Competitiveness Relationship", *Journal of Economic Perspectives*, 9, pp. 97-118.

Procuraduría de Defensa del Consumidor (Profeco), disponible en: <http://www.gob.mx/profeco>.

Qingjiang, Ju, Tianli Feng, Ya Ding (2013), "Regulation and Environmental Innovation: Effect and Regional Disparities in China", en W. Eric Wong y Tinghuai Ma, *Emerging Technologies for Information Systems, Computing, and Management*, Series Lecture Notes in Electrical Engineering, vol. 236, pp. 1005-1012.

Rennings, Klaus, Andreas Ziegler, Kathrin Ankele y Esther Hoffmann (2006), "The Influence of Differente Characteristics of the EU Environmental Management and Auditing Sheme on Technical Environmental Innovations and Economic Performance", *Ecological Economics*, vol. 57, núm. 1, pp. 46-59.

Semarnat (2013), *Emisiones Atmosféricas de Transporte*, disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestion-ambiental/calidad-del-aire/emisiones-atmosfericas-del-transporte>.

Smith, Nicola (2015), "When Regulation Hinders Environmental Innovation", *GreenBiz*, consultado el 6 de julio.

Tharumarajah, A. y P. Koltun (2007), "Is there an Environmental Advantage of Using Magnesium Components for Light-weighting Cars?", *Journal of Cleaner Production,* 15, pp. 1017-1013.

Transport & Environment (2015), *European Carmakers Confronted with End of Disel*, disponible en: <https://www.transportenvironment.org/news/european-carmakers-confronted-%E2%80%98end-diesel%E2%80%99>.

Van den Hoed, Robert (2007), "Sources of Radical Technological Innovation: The Emergence of Fuel Cell Technology in the Automotive Industry", *Journal of Cleaner Production,* 15, pp. 1014-1021.

Wagner, M. (2007), "On the Relationship between Environmental Management, Environmental Innovation and Patenting: Evidence from German Manufacturing Firms", *Research Policy,* 36, pp. 1587-1602.

Ziegler, Andreas y Jazmin Seijas Nogareda (2009), "Environmental Management System and Technological Environmental Innovations: Exploring the Casual Relationship", *Research Policy*, 38, pp. 885-983.

Tercera parte
Alta productividad con bajos salarios: los escenarios del modelo de relaciones laborales

Capítulo 10
Unionism, labor relations and financial earnings

Arnulfo Arteaga García,[1] *Aurora Marcial Flores,*[2]
Carlos Ramos Hernández[3]

Introduction

This proposal based on the results of previous researches aims to restore in the analysis of the automotive industry in Mexico (AMI) a link between the productive, commercial and financial sectors. Emphasis is placed on a labor relations model based on corporate control that guarantees low hiring standards and high production efficiency, being considered as crucial condition determined by the need for profitability and for appropriation of financial income by automotive corporations operating in Mexico to fulfill a greater purpose: repayment of debt.

It has become common to show Mexico to the world as an emerging market and economy in the world, whatever that means. The truth is that there has been an adaptation of the State, since the early eighties, which has gone from being the driver of industrialization in the import substitution period, to be a facilitator of the use of economic space of the country, depending on the competition strategies of automotive transnational corporations (ATNCs) and internal hegemonic groups. The result is the consolidation of a Pattern of Reproduction of Capital Secondary-Exporter (PRCSE).[4] This pattern expresses the articulation of state policies aimed at enhancing the competitive advantages of big national capital and foreign capital mainly via transnational corporations (TNCs). The state abandons

[1] Profesor-investigador en el Departamento de Sociología, de la División de Ciencias Sociales y Humanidades (DCSH) de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Correo electrónico: <aag@xanum.uam.mx>, <arnulfo.arteaga.garcia@gmail.com>.

[2] Red ITIAM.

[3] Red ITIAM.

[4] See Osorio, Jaime [2012], "El nuevo patrón exportador de especialización productiva en América Latina", in *Soc. Bra. Economía Política*, núm. 31, São Paulo, febrero and Arteaga García Arnulfo ¿Y si la globalización no anuló la dependencia? in Olave, Patricia (coord.), *A 40 años de Dialéctica de la dependencia*, Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM, 2016.

its social character, to become the facilitator for the creation of competitive advantages, coupled with comparative ones to become a National State of Competition in the context of globalization.

But it is paradoxical that in the same period (1980-2016) growing social, political and economic polarization in Mexico is observed. It's certainly not an issue that will be addressed in this work, except to take it as reference to understand that this exclusive modernization has to be analyzed and understood from the perspective of PRCSE. In other words, it is the creation of a production plant within industries boosted by foreign capital with technological and organizational levels similar to those in the countries of the matrices of TNCs. In the above, a highly productive work force that operates under the High Performance Work Systems[5] is added.

Some of the sectors under this PRCSE (Arteaga, 2016)[6] are in the maquiladora industry, which outlined a specific form of reintegration of Mexico to the new international division of labor since the seventies. Installation of industrial plants along the northern border was promoted under Tax Treatment. The branches are very diverse: machinery and transport equipment; computer and electronic products; plastics and rubber, processed foods and chemicals, among others.[7] The essential feature is that the production plant, regardless of developments in technological and organizational terms, is designed and operated to meet the requirements of parts or finished products intended for export.

Another sector that shares this dynamism is the agricultural export, which for the past ten years (2005-2015) have maintained a growth of 9% annually.[8] Throughout this period, both markets and products have varied, with the sustained growth due to the FDI flows.

The oil industry in Mexico pioneered the PRCSE. While it is true that in the late seventies it looked like the lever to move to a status of "developed country" actually it promoted greater economic and geopolitical towards the US integration, being the provider of strategic reserve that country for decades. A significant

[5] In the references on the predilection of ETAs to invest in Mexico, cheap "labor" is always emphasized, but the efficient assimilation and operation of the workforce of the production models implemented by companies is fundamental, becoming an advantage not only comparative, but essentially competitive.

[6] Arteaga Garcia has developed more broadly the evolution of the characteristic PRCSE sectors of Mexico. See What if globalization is not annulled dependency? Olave, op. cit. For the purposes of this document, we will only make general reference to them.

[7] <https://www.google.com.mx/search?q=Estad%C3%ADsticas+de+industria+maquiladora+en+m>, consulted on May 11th, 2016.

[8] <http://www.am.com.mx/2016/02/01/mexico/superan-al-petroleo-agroexportaciones-259802>, consulted on May 11th, 2016.

shift in its operation occurs after the approval of the energy reform in 2013[9] regarding the opening to exploration, refining and marketing to foreign capital, now following the behavior of other sectors with strategic presence of TNCs.

A sector very much talked as an unwanted phenomenon, but mutually beneficial for both the economies of Mexico and of the US, is Migration. In the same period (1980-2016), obviously with variations and always with the uncertainty of underreporting because it is an illegal action, it was estimated at 33.6 million people of Mexican origin (of which 11.6 million were born in Mexico[10]). This workforce, regardless of their level of education and work experience, is considered as a commodity (from the point of view of the labor market) that manages to be inserted into the US economy efficiently while generating hard currency for the Mexican economy.

The "Mexico"[11] brand in the Automotive Industry in Mexico (AIM), something more than "simple" investments

As noted in the introduction, the shift to PRCSE is explained largely by the role of the state in this process, emphasizing primarily in *industrial policy*[12] and then in the prevalence of its corporate character reflected in labor policy, both concerning labor law and the administration of justice in this area, as the predominant corporate trade union structure in the AIM, where denial of freedom of association is expressed most acutely.

With regard to industrial policy and as part of the creation of competitive advantages, we identify incentives and concessions. These are negotiated at the federal, state and municipal levels, in some cases stipulated in contracts.[13] It includes donations in kind (land, railways, power, water, sewage treatment, roads) and

[9] <http://www.forbes.com.mx/reforma-energetica-aprobada/>, consulted on May 11th, 2016.

[10] <http://aristeguinoticias.com/0804/mundo/censo-revela-que-en-eu-viven-33-6-millones-de-personas-de-origen-mexicano/>, consulted on May 11th, 2016.

[11] While what defines this characterization reaches the whole productive sectors, here we highlight it for the AIM.

[12] While free market apologists have argued that the best industrial policy is "non-existent", referring to the absence of State intervention in its design, neoliberalism has shown a highly intervenor State. See <http://www.forbes.com.mx/el-tabu-de-la-politica-industrial/>, consulted on May 11th, 2016.

[13] This is in cases of AUDI, KIA and SLP. See: <http://www.proyectotabano.com.mx/Expediente%20BMW/CONVENIO%20GOBIERNO%20SLP%20-%20observaciones.pdf> and <http://www.statuspuebla.com.mx/2015/11/25/el-contrato-con-audi/>, consulted on May 11th, 2016.

tax benefits (payroll taxes and land). In the dispute over channeling investments, there is competition among the states to provide greater "benefits" to companies. TNCs already installed receive transfers from the federal government in the form of exemption from paying taxes[14] and by support for innovation[15] besides benefiting from funds for small and medium enterprises). [16, 17]

In the long run the AIM has been successful example of the globalization process initiated since the early eighties by the TNCs. This process was initially driven by the "Big Three" US (GM, Ford and Chrysler) and subsequently by extracontinental companies (European and Asian). Only during the period 2011-2015 TNCs in the terminal sector[18] invested 24.359 million dollars (md) [19]. With a volume of just over 3.2 million units in 2014, production in Mexico reached the 7th place worldwide. In the auto parts industry, the amount of foreign direct investment (FDI) reached 10,169 md[20] during the period 2007-2014, which has placed Mexico in the 6th place as a world producer. As noted at the beginning, complex automotive sectors clearly reflect a successful process of integration of Mexico to globalization.

The second element to consider as part of the intervention to explain the dynamic performance of the AIM, is *labor pax*, which is ensured by the structure responsible for the enforcement of labor legislation, the Federal Board of Conciliation and Arbitration (JCFA, by its Spanish acronym). In fact, this instance

[14] During 2001-2009, Ford received fiscal stimulus by 327 million pesos and GM by 1.771 billion pesos. See <http://www.contralinea.com.mx/archivo-revista/index.php/2010/03/07/mas-de-3-mil-mdp-del-erario-a-ford-y-gm/>, consulted on May 11th, 2016.

[15] In 2013 VW received 36 million pesos and Ford 1 million pesos from the stimulus program for research, technological development and innovation of the National Council of Science and Technology (Conacyt, by the Spanish acronym). See: <http://www.contralinea.com.mx/archivo-revista/index.php/2013/10/01/conacyt-subsidia-trasnacionales-por-2-mil-900-mdp/>, consulted on May 11th, 2016.

[16] <http://www.contralinea.com.mx/archivo-revista/index.php/2010/03/07/mas-de-3-mil-mdp-del-erario-a-ford-y-gm/>, consulted on May 11th, 2016.

[17] <http://elsoldesanjuandelrio.com.mx/elsoldemexico/notas/n2920011.htm>, consulted on May 11th, 2016.

[18] In this paper we refer to the "terminal industry" as dedicated to the assembly of cars and light and heavy trucks, while the "auto-parts industry" is the producer of components for the assembly of vehicles. We believe that the concept of *Original Equipment Manufacturers* does not account for the difference between the two sectors, since in both cases, original products are manufactured.

[19] <http://www.elfinanciero.com.mx/economia/cinco-graficas-que-explica-la-produccion-automotriz-de-mexico.html>, consulted on May 09th, 2016.

[20] Arteaga & Álvarez de la Rosa (2014). For the year 2014, see PROMÉXICO. <http://mim.promexico.gob.mx/JS/MIM/PerfilDelSector/Automotriz/150707_FC_Autopartes_ES.pdf>, consulted on May 10th, 2016.

becomes the representative of the interests of enterprises, systematically contravening the right to freedom of association of workers[21] in the sector or the right to strike in defense of their interests.[22]

The other area of state intervention (which is a strategic element of labor policy) is the corporate union structure (CTM, CROC, CROM and CTC) [23] which is hegemonic PRI affiliation[24] in the AIM. This corporate structure, in turn hegemonized by the CTM in the terminal industry ensures (with the complicity of the labor authorities and enterprises) at least two aspects: job insecurity through the signing of Enterprise Protection Contracts (EPCs) at the start of operations of new ATNCs plants, and control of the workforce and the protest movements of workers, whether on the interests of freedom of association or seeking improvements in their working conditions. The first aspect comes from the sixties, when companies opened new plants in neighboring states to the Federal District (Mexico City), then in the eighties in the context of the second territorial deconcentration of the AIM[25] and finally pronounced since the beginning of the 21st century.

The EPCs are negotiations between ETAs and corporate organizations, once the firsts have decided to settle in the country or expand their operations. These EPCs are registered and endorsed by the labor authorities at the federal level. In practice this means that the employment relationship is established without manufacturing facilities physically exist, nor active workers, thus violating the conventions 98 and 87 of the International Labor Organization (ILO),[26] which refer to the right to free association and election of representatives and the negotiation of working conditions, sometimes agreed under

[21] See the case of the Honda plant in the municipality of El Salto, Jalisco. <http://www.jornada.unam.mx/2015/10/25/sociedad/030n1soc>, consulted on May 09th, 2016.

[22] In Cuernavaca Nissan refused the union the right to strike in April 2016; the labor authority said that it was a work stoppage and that did not affect the work pax. The same case occurred in Steel-Mittal. See: <http://www.telefonorojo.mx/2016/4/4/concluye-la-huelga-de-nissan-en-cuernavaca-pero-la/o53fyj y <http://www.economista.com.mx/industrias/2016/03/13/arcelormittal-reanudara-produccion-lunes-stps>, consulted on May 09th, 2016.

[23] Confederación de Trabajadores de México, Confederación Revolucionaria de Obreros y Campesinos, Confederación Regional Obrera Mexicana, Confederación de Trabajadores y Campesinos.

[24] It refers to the ruling Partido Revolucionario Institucional (PRI) political party.

[25] Arteaga García (2003), *Integración productiva y relaciones laborales en la industria automotriz*, México. Plaza y Valdés y UAM.

[26] This practice violates the rights of workers free choice of their representatives and has been denounced at the ILO before the Committee on Freedom of Association for the Collective Employer Protection Contracts. See: <http://www.ilo.org/dyn/normlex/es/f?p=NORMLEXPUB:50002:0::NO::P50002_COMPLAINT_TEXT_ID:2911806>, consulted on May 09th, 2016.

multiyear schemes. This prevents workers renegotiate the labor conditions already set without their consent.[27]

Besides being the contracting scheme prevailing in the terminal industry, this has a multiplier effect throughout the development of the supply chain, since when a new plant begins operations in this sector it also comes an avalanche of investments (See Table 1). In 2006 the new production facilities reporting a collective employment contract were forty-five; in 2010 sixty-two; and when ATNCs begin to settle, that is in 2012, there are eighty-nine; and by 2015 there are one hundred and fifty-eight.

Table 1. Collective Contracts (CCs) in the automotive complex registered annually in the Federal Board of Conciliation and Arbitration (JCFA) (2005-2015)

Years	*CCs registered in JCFA*	*Aguascalientes*	*Coahuila*	*Guanajuato*	*Nuevo León*	*Puebla*	*SLP*	*Other*
2015	158	15	13	23	16	9	6	85
2014	119	4	15	27	7	10	3	63
2013	111	11	4	40	2	3	7	47
2012	89	10	4	23	2	3	8	42
2011	68	4	6	16	1	1	6	35
2010	62	2	1	6	1	4	9	43
2009	63	4	3	3	3	4	1	49
2008	65	0	8	13	3	2	7	34
2007	57	0	4	8	1	0	3	41
2006	45	5	1	4	1	1	1	33

Source: Junta Federal de Conciliación y Arbitraje. Several years.

The result of this labor relations model is that labor costs constitute a kind of social subsidy for ATNCs allowing them to compete successfully in that area. An investigation conducted by KPMG (2016) showed that for every US$ 41.000 of sales in Mexico, 2,312 (5.6%) are labor costs, while in Canada were 19.9%

[27] This is the case of FIAT-Chrysler in Coahuila and Audi in Puebla.

and 15.1% in the US. Meanwhile earnings in Mexico are 6,453 (15.7%) 11.8% in Canada and the 3.9% in the United States.

The cluster in Mexico

Over the past three and a half decades, the most recent expression of this new role of the state is promoting the creation of clusters (Porter, 1999) in the most dynamic sectors of the PRCSE, such as the automotive, aerospace and pharmacist.[28] From our point of view the cluster, in addition to the attributes recognized in promoting the competitive advantages given the way how it operates in Mexico, is a new form of territorial organization of the industry to ensure the value chain, since the corporate management of the labor market ensures low contractual cost with maximum efficiency and productivity of the workforce.

While investments in the automotive complex cover 26 of the 32 states in Mexico, we refer specifically to those that have been located in Guanajuato, a state located in the Bajio region where CLAUGTO[29] was created. In this state, Honda built the terminal assembly plant "Celaya", and Locke Honda auto parts plant with an investment of 800 million; in 2014 Mazda built the "Salamanca" plant, with an investment of 500 million; in 2012 Volkswagen built the "Celaya" engine plant, with an investment of 720 million, while Toyota built the "Apaseo" plant with an investment of 1,000 million dollars[30] to produce the Corolla; finally, in 2015, Ford began building the "Irapuato" plant to manufacture transmissions.

For the purposes of this communication CLAUGTO[31] is taken as reference since it groups some of the companies in the terminal industry whose financial subsidiaries operate in Mexico. These companies are GM, Ford and Volkswagen. The organizational structure of this cluster constituted as a civil association is headed by a Management Committee composed of government agencies (local, state and federal) and CEOs of automotive companies in the terminal sector, a Technical Secretariat composed of automotive associations, an internal market sectoral committee (and other for business environment), a sectorial for accessing to international markets and finally, a research and technological development sector.

[28] While global clusters have been developed since the 90s, they acquire a very important feature in Mexico: the role of corporate unions in controlling the labor market in the interests of companies, rather than a legitimate representation.

[29] Cluster in the Automotive Industry in Guanajuato.

[30] <http://www.elfinanciero.com.mx/empresas/toyota-invierte-mil-mdd-para-nueva-planta-en-celaya.html>, consulted on May 09th, 2016.

[31] Clúster Automotriz de Guanajuato, A. C.

With an input supply system being articulated with more than 50 manufacturers, the value chain is strengthened and ensured under the structure of tier 1, tier 2 and tier 3. To ensure the training of the workforce, there is a wide range of institutions of upper-middle and higher education. There are also internal ports to facilitate the temporary entry of inputs and the output of finished products to water ports.

However, a fundamental asset that is not covered by the formal structure of the cluster is the presence of corporate unions which very clearly exemplify the model that governs labor relations in the whole of the AIM. To illustrate this condition in the case of CLAUGTO, we made a synthetic comparison of the contractual and salary conditions operating within the structure of several companies in the terminal sector.

Table 2. Tab, wages and contractual clauses in the terminal industry companies located in the Guanajuato cluster

Company	*Contract*	*Number of clauses*	*Wage categories*	*Wage/hour in USD* (highest)*	*Wage/hour in USD* (lowest)*	*Union*
GM	CC-973/2005-XII	65	14	7.14	2.05	CTM
Honda	CC-1384/2011-XII	50	6	5.32	2.41	CTM
Mazda	CC-1353/2011-XII	42	4	2.17	0.99	CTM
VW	CC-1412/2012-XII	44	11	6.35	3.18	CTM
Ford	CC-1910/2015-XII	49	16	3.47	0.85	CTM

*Average Exchange Rate for February 2016 (18.24 pesos per 1 USD).
Source: Contratos Colectivos de Trabajo (JCFA).

The table summarizes unionism protection reflected in the EPCs. First, it should be noted that despite all unions are affiliated with the CTM, each operates independently. That is, they have a joint negotiating strategy with ATNCs, thus atomizing capacity as partners in the defense and improvement of working and living conditions of its members. Secondly, this leads to the dispersion of the contractual conditions, expressed in the number of clauses contained in each EPC, which does not allow to extending the best working conditions reached by any of the unions. This is reflected in the fact that the GM's EPC is the oldest and has

more clauses than those of the other companies without being able to make an example of bilateralism and negotiating capacity.

Third, a relevant category that reflects working conditions is that the number of clauses formally expresses the bilateral level achieved in the various areas of labor relations in enterprises. While ATNCs benefit from all subsidies and facilities granted by the State, political fragmentation of trade unions do not allow their members to be benefited from the achievements of their peers unions with greater seniority.

An example is the cluster Guanajuato (see Table 2). The collective contract of the Ford plant (CC-1910/2015-XII) contains 49 clauses; in Mazda (CC-1353/2011-XII) there are 42; the Honda (CC-1384/2011-XII) contains 50; VW in Celaya (CC-1412/2012-XII) there are 44, and this condition extends to new installations already in operation and to those announced in other states of the Mexico.

These collective agreements, where there was no real negotiation, imply that working conditions are established with increasingly low standards in relation to conditions in other plants and companies and that there is little or no capacity to renegotiation by the working basis to influence its modification once the plants start and operate. The tight control of the union leaderships imposed without their consent is added to the above.

Fourth, the prevalence of corporate scheme ensures the local, state and federal control of the union bureaucracy linked to the PRI. The most serious effect of this is grabbing collective protection contracts in various productive and services activities, where there is low or no participation of the bases, but at the same time they serve for the enrichment of the alleged leaders and to promote their political careers within the corporate structure of PRI.

What has been raised about corporate unionism suggests that, far from being an incidental element in the operation of the AIM, it is part of the ATNCs strategies which require state intervention for the reproduction and operation of the labor relations model as a local comparative advantage and as a competitive advantage as well.

Raised the main features in the productive sector, we turn to locate the most relevant factors and mechanisms in the financial sector to expand, for the first time, a comprehensive analysis of the operation of the AIM which is anchored in the PRCSE. The focus on the AIM in this way is particularly based on the concept of financialization as a "systemic transformation" (Lapavistas, 2011; 2016) and theoretically is based on Minsky's discussions on the need to integrate financial relations within the explanation of employment, income and prices (Minsky, 1984).

Production and Financial Sectors links: Receivables, financial income and debt[32]

As we discussed earlier, a marked trend since the mid-nineties is that the production plant established by the ETA's was created mainly for export. In 1994, total car production was 856.563 units, of which 41.2 percent was for the domestic market and the rest for export. By 2013, this trend was accentuated as a total of 1'771,016 units, only 22.1 percent was for the domestic market and the rest for export (Table 3).

Table 3. Automobile production in Mexico

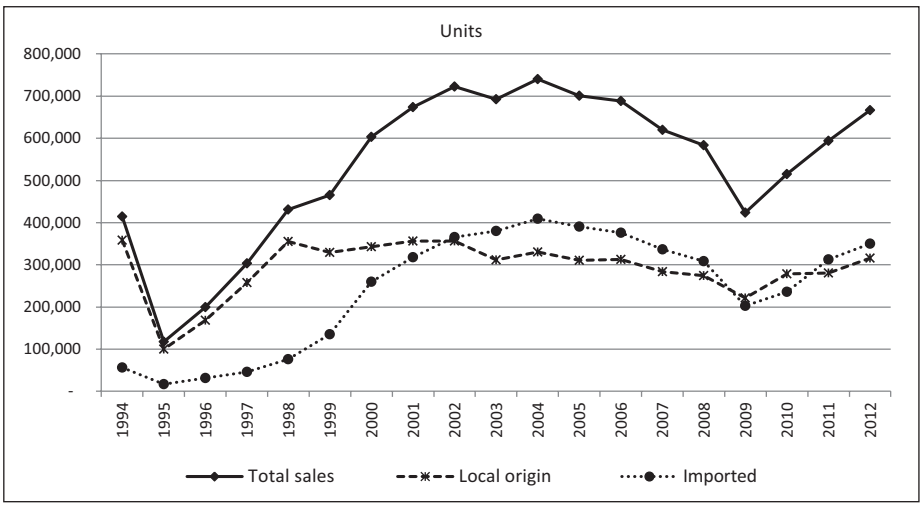
Year	*Total Production (Units)*	*For domestic market (%)*	*For export(%)*
1994	856,563	41.2	58.8
1995	699,312	14.7	85.3
1996	797,682	20.5	79.5
1997	856,083	30.7	69.3
1998	952,909	37.3	62.7
1999	993,772	31.8	68.2
2000	1,279,089	27.2	72.8
2001	1,208,934	29.2	70.8
2002	1,139,792	32.9	67.1
2003	913,309	32.5	67.5
2004	843,991	38.4	61.6
2005	1,052,823	30.4	69.6
2006	1,370,893	22.7	77.3
2007	1,416,665	20.4	79.6
2008	1,387,913	20.5	79.5
2009	1,009,914	19.7	80.3
2010	1,468,969	19.2	80.8
2011	1,689,166	19.0	81.0
2012	1,811,424	19.0	81.0
2013	1,771,016	22.1	77.9

Source: *La Industria Automotriz en México*, Inegi, Series Anuales.

[32] Outcomes from the doctorate thesis: Marcial Flores, Aurora, sustentante. Ganancias, inversión extranjera y deuda en las empresas automotrices en México /2016. UNAM. See: <http://132.248.9.195/ptd2016/marzo/511023583/Index.html>, consulted on May 09th, 2016.

This has been interpreted as an ETA's loss of importance in the domestic market; however, apparent consumption has also been a substantial change. Beyond the severe contraction of the domestic market derived from the recurrent crises in the medium term (1994-2012), what we have found is that the marketing of imported units rose from only 13.5 percent to over 50 percent in the second decade of this century (Figure 1). In 2015, a record year of domestic sales was 53.4 percent of imported cars, with an annual growth of 19.5 percent.[33] This dynamic has been mainly supported by ETA's financing strategies, as stated by Guillermo Rosales, director of the Mexican Association of Automobile Dealers (AMDA, for its acronym in Spanish).[34]

Figure 1. Automobile Sales in Mexico, by origin



Source: *La Industria Automotriz en México*, Inegi, Series Anuales.

This seemingly contradictory behavior (which on the one hand says that the cycle of productive capital in the IAM responds to external demand and, on the other, the apparent consumption depends on imports) is explained by the strategy of ETA's in terms of the international division of labor and segmentation of global markets, both articulated by the financial requirements of these corporations.

[33] See <http://www.elfinanciero.com.mx/empresas/coches-importados-aceleran-a-ventas-record.html>. Accessed 22/08/16.

[34] See <http://eleconomista.com.mx/industrias/2016/01/06/despues-decada-ventas-autos-baten-record-2015>. Accessed 22/08/16.

Following the theoretical line of Minsky, in a capitalist economy, investment decisions, investment financing, activation of investment, profit and payment commitments due to debts are closely linked (Minsky, 2008). Thus, FDI flows are aimed to fund the formation of productive structures, the formation and operation of corporate unionism, and the establishment of the model of labor relations with the features here delineated; the ultimate seeks to ensure generation and appropriation of profits in the field of operation of automotive corporations and access to financial income. These conditions are pointed as crucial to ensure compliance with a major objective, repayment of debt of automotive corporations, as we set as an initial proposal in the following section.

An approximation of the factors located in the financial sector (FS) that contribute to determine the outlined conditions ruling in the production sector (PS) consists of the analysis of major automotive transnational corporations running production and marketing operations in Mexico (Ford, GM, Chrysler, Volkswagen and Nissan). First, operational and financial behavior is observed in the global scope, and then a similar exercise is done on the operations of their subsidiaries in Mexico.

In the PS it was observed that as part of global production strategies, each corporation concentrates its activity mainly in the country where the headquarters is located; Ford, GM and Chrysler concentrate the production and marketing activities in the North American region, particularly in the US, although in recent years (2009-2012) GM has tended to diversify these activities to other markets. Volkswagen and Nissan have also tended to diversify their activities to Europe and Asia Pacific (VW), and to North America (Nissan). There is also another set of factors and internal financial variables that help explain the configuration of global production strategies, marketing and labor relations and that determine processes leading to assets transfer operations in various forms (as the sale of GMAC, or the "fusion" of Chrysler, first with Daimler and lately with Fiat); these factors and financial variables are also necessary for generating financial revenue and profit appropriation condition. In general, these corporations were characterized by having a financial entity to perform activities such as car financing, leasing and auto insurance selling. GM and Chrysler also executed mortgage operations while VW and Nissan executed banking operations.

It was observed that every corporation analyzed here reported income as generated mainly in the PS and to a lesser extent in the FS, with some peculiarities in the income composition by case study. Ford, for example, contracted the participation of the FS in generating income (Table 4) while GM increased the same (mostly under mortgage transactions) when the PS had serious complications for generating them. Chrysler contributed with income for Daimler in the PS while it

remained as a Daimler's subsidiary in North America; the contraction of income due to the drop in sales in this region (particularly in the US) was decisive for Daimler to sell Chrysler's assets again. Like Ford, GM concentrated its operations in North America; although losses since 2005 in this region were attributed to the PS, it was mortgage transactions in the FS which determined the subsequent financial complications that led to the corporation bankruptcy.

Table 4. Ford. Total income and paticipation by sector

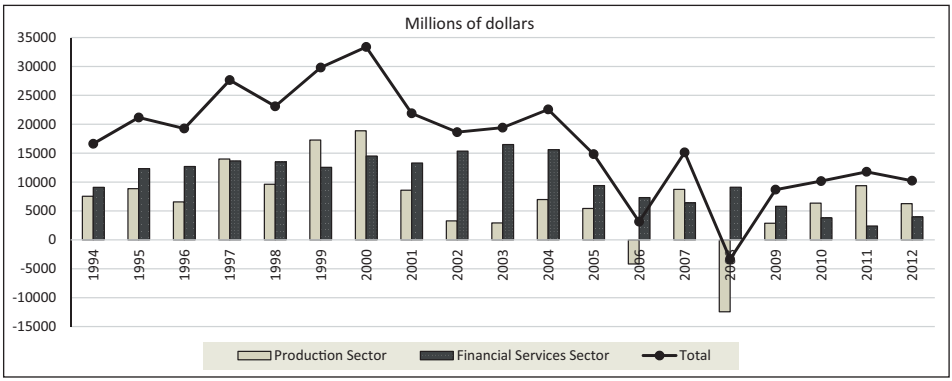
Year	*Total Million dollars*	*Production Sector (%)*	*Financial Sector (%)*
1994	128,439	83.4	16.6
1995	137,137	80.6	19.4
1996	146,991	80.3	19.7
1997	153,627	80	20
1998	144,416	82.5	17.5
1999	162,558	84.3	15.7
2000	169,091	83.3	16.5
2001	160,754	81.4	18.6
2002	162,586	82.7	17.3
2003	164,331	84.1	15.9
2004	171,646	85.7	14.3
2005	177,089	86.7	13.3
2006	160,065	89.5	10.5
2007	172,455	89.5	10.5
2008	146,277	88.3	11.7
2009	116,283	89.3	10.7
2010	128,954	92.5	7.5
2011	135,605	94.5	5.4
2012	133,559	94.7	5.2

Source: Ford, Annual Report. Several years.

Ensuring financial income (debt) was seen as a priority need for each case study, and there is a clear understanding that there is a key variable that guarantees access to this type of income: liquidity. Access to capital markets and ensuring financial

income has required automotive corporations the formation of a special type of liquidity: that generated in the PS. Each corporation analyzed here strengthens this type of liquidity (as it is shown in the case of Ford; see Figure 2)[35], mainly through the provision of marketable securities (financial accounts receivable) and to a much lesser extent, cash and cash equivalents and other external loans (Table 5).

Figure 2. Ford. Liquidity (used in/provided by) operating activities, by sector



Source: Ford, Annual Report. Several Years.

In each case study it was recognized that financial receivables are the link between the PS and the FS, since they are generated in the PS by marketing units, thus becoming the type of liquidity that guarantees access to capital markets; being backed with the car itself, receivables become financial instruments when entering into securities operations in capital markets for the appropriation of income in this FS.

A greater availability of resources, particularly financial, did not match with a proportional increase in fixed investment spending, or financial assets acquisition. While there is an important dynamic in investment spending, mainly receivables acquisition (Table 4), which is consistent with the urgent need to generate the kind of liquidity required in the capital markets) and fixed investment in much lesser extent, the magnitude of this type of expenditure differs substantially from the volume of financial income acquired through capital markets operations

[35] The Ford case shows that during the period 2001-2009 the capacity to generate liquidity in the PS is lost, which corresponds to a period of contraction in earnings before taxes and heavy losses in the same category, especially during the most critical years of the liquidity crunch in the PS (2006 and 2008); in the same period (2001-2009) Ford's financial debt stagnated and contracted. When liquidity in the PS recovered (2010-2012), the same happened on earnings before taxes, while the volume of financial debt interrupted its period of contraction (Tables 3, 4 and 5).

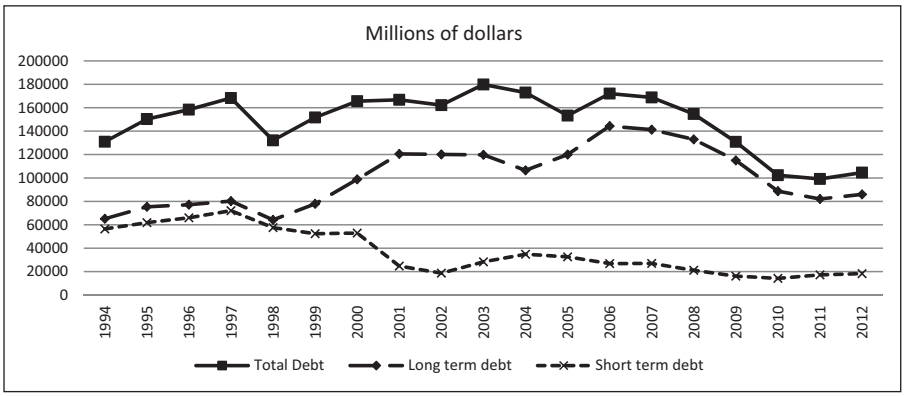
and by debt emission with other financial instruments (total debt). Therefore, the question arose for each case study was on the final destination of financial income, since the income reported in the FS is minimal, only a small proportion of the total (FS+PS) and practically nil in relation to total income acquired in capital markets).

Table 5. Ford. Acquisition of Financing Receivables, as a share of total debt (%)

Acquisitions (%)			
1994	na	2004	38.5
1995	67.3	2005	35
1996	68.9	2006	34.8
1997	70.1	2007	33
1998	59.7	2008	29.1
1999	52.9	2009	19.8
2000	58.3	2010	27.7
2001	56.2	2011	36
2002	50.4	2012	37.3
2003	35		

Source: Own elaboration based on Ford Annual Report, several years.

Figure 3. Ford Total Debt, by maturity

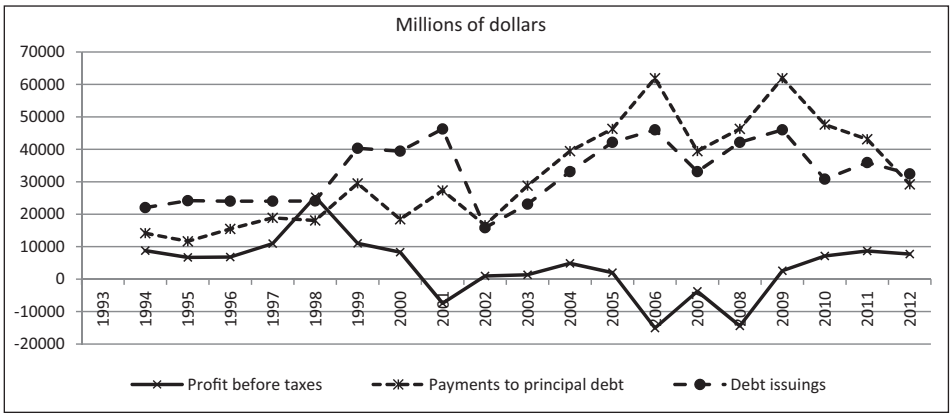


Source: Own elaboration based on Ford Annual Reports.

Search on the destination of this income led to note that the answer was in the Debt variable for each corporation. While financial debt differs in magnitude and

structure in each case studied, it was shown that these corporations have used similar strategies and mechanisms for repayment: restructuring maturities (there was a shift from short-term debt to long-term debt) and financing Ponzi schemes.

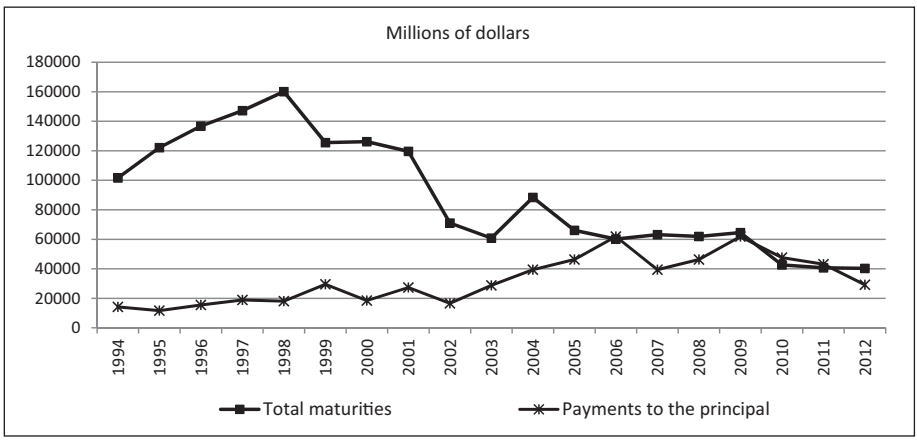
Figure 4. Ford. Profit before taxes. Payments to principal debt and Debt issuings



Source: Own elaboration based on Ford Annual Reports.

Ford restructured the terms of its debt since 1998 (Figure 3) and payments to debt coincided with new debt issues; with these strategies the corporation managed to close the gap between maturities and debt payments in 2006 (Figures 4 and 5).

Figure 5. Ford. Total Maturities and Payments to the Principal



Source: Own elaboration based on Ford Annual Reports.

General Motors' case was different because the restructuring of its debt maturity was not a sufficient strategy since it also significantly increased the volume of its mortgage loans; complications to generate liquidity in the PS restricted their access to higher debt in capital markets so it could not run the financing Ponzi scheme and had to go through the mentioned bankruptcy process. Coinciding with the merger with Daimler, Chrysler's long term debt prevailed; the financing Ponzi scheme was clearly visible until 2001 (new debt emissions coincided with current maturities). Although in 2002 the emissions of new debt coincided with the repayment of the same, a gap between total maturities and emissions of new debt arose (with the gap indicating the volume of unpaid debt), leading to growing maturities again since 2005, and restricting access to capital markets for refinancing of the debt; these factors led to the bankruptcy process. Volkswagen also had insufficient internal resources (profit before tax) to repay its debt, although recorded increasing amounts of debt repayment. New debt emissions allowed bridging the gap between earnings before taxes and maturities; it also incurred in financing Ponzi schemes. Finally, Nissan also resorted to debt refinancing and the intensification of the amounts to repay it in a context where profit before tax contracted; again the financing Ponzi scheme was observed.

Based on the financial analysis of global automotive operations, it is argued that the dynamics of investment that corporations run (with the corresponding features of production structures and the impacts on employment, labor relations and on the shaping of corporate unionism) is determined by the expected earnings needed to meet a greater obligation: repayment of financial debt. Seeking financial income (in the capital markets, that is, in the FS), and the requirement of a certain liquidity profile (derived from net profits in the PS), are the key factors to be considered by the parent companies to determine the volume of production and marketing units (investment) to be performed by their subsidiaries to meet this liquidity profile; compliance with this requirement enables and guarantees access to capital markets and to financial income to meet debt repayment obligations.

Thus, direct investment flows to Mexico must be committed to the creation of a platform for production and marketing schemes that ensure compliance with the volume of expected earnings, determined in turn by the financial needs of the automotive parent companies. As part of the global trading strategies of ATNCs and to achieve their expected profits, marketing arrangements and car financing schemes that can be run in Mexico configure other forms of generation and appropriation of profits.

Table 6. Price paid for a car sold in the United States and in Mexico

Ford Fiesta Sedan S 2014				
	*US**	*MEX***	*MEX*	*Difference +/(-) paid in Mexico*
Convertion: 1 USdl = 13.1030 pesos at Nov 13, 2013.	*Dls.*	*Pesos*	*Dls.*	*Dls.*
Factory Price (a)	14,270	177,700	13,562	-708
Manufacturer Suggested Retail Price (b)	14,795	182,700	13,943	-852
Dealer profit margin (c)	525	5,000	382	-143
Fair purchase price (sin opciones) (d)	14,260	182,700	13,943	-317
Taxes (estimated)	904			
Other estimated fees	86			
Discount/Devolution	-	-	-	
Out-the-Door target price	15,250	182,700	13,943	-307
Down Payment(20%)	2,852	36,540	2,789	-63
Amount financed	12,398	146,160	11,155	-1,243
Ordinary interest rate	1.99%	12.24%		
CAT (Annually total cost-interest rate)		13.00%		
Term	60 months	48 months		
Montly estimated payment(a 60 meses)	217	na		na
Total amount financed (at the end of term)	13,020	237,947	18,160	5,140
Total Paid (financed + down payment)	15,872	274,487	20,948	5,076

Sources: Kelly Blue Book (www.kbb.com), Auto Cosmos (www.autocosmos.com.mx), Ford Camsa (www.fordcamsa.com.mx), Gimsa Automotriz S. A. de C. V. (Los Reyes).
(a) The price (wholesale) the distributor pays to manufacturing, including destination charges.
(b) It is the price the dealer suggests manufacturing for retail.
(c) This is the difference (b-a) and represents the potential profit margin for distributor, assuming that the vehicles are sold at the price of (b), ignoring other costs, charges or applicable discounts. This margin, as a percentage of (b) is not the same for all vehicles.
(d) This price is usually adjusted every week. It is the price that has been paid for the unit to date of quotation and is based on current market conditions as the disposal of the unit, local demand and seasonal buying trends.

Table 7. Price paid for a car sold in the United States and in Mexico

Ford Fiesta Sedan SE 2013				
	*US**	*MEX***	*MEX*	*Difference +/(-) paid in Mexico*
Convertion: 1 USdl = 13.1030 pesos at Nov 13, 2013.	*Dls.*	*Pesos*	*Dls.*	*Dls.*
Factory Price (a)	18,059	269,100	20,537	2,478
Manufacturer Suggested Retail Price (b)	19,310	261,500	19,957	647
Dealer profit margin(c)	1,251	-7,600	-580	-1,831
Fair purchase price (sin opciones) (d)	18,213	261,500	19,957	1,744
Taxes (estimated)	1,155	-		
Other estimated fees	86	-		
Discount/Devolution	-	-	-	-
Out-the-Door target price	19,454	261,500	19,957	503
Down Payment(20%)	3,643	52,300	3,991	348
Amount financed	15,811	209,200	15,966	155
Ordinary interest rate	1.99%	8.62%		
CAT (Annually total cost-interest rate)		9.00%		
Term	60 meses	48 meses		
Montly estimated payment(a 60 meses)	277			
Total amount financed (at the end of term)	16,620	312,470	23,847	7,227
Total Paid (financed + down payment)	20,263	364,770	27,839	7,576

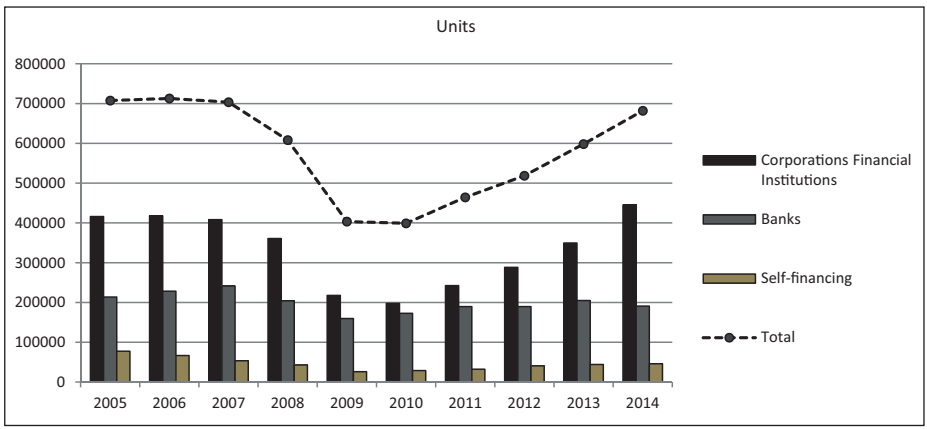
Sources: Kelly Blue Book (www.kbb.com), Auto Cosmos (www.autocosmos.com.mx), Ford Camsa (www.fordcamsa.com.mx), Gimsa Automotriz S. A. de C. V. (Los Reyes).
(a) The price (wholesale) the distributor pays to manufacturing, including destination charges.
(b) It is the price the dealer suggests manufacturing for retail.
(c) This is the difference (b-a) and represents the potential profit margin for distributor, assuming that the vehicles are sold at the price of (b), ignoring other costs, charges or applicable discounts. This margin, as a percentage of (b) is not the same for all vehicles.
(d) This price is usually adjusted every week. It is the price that has been paid for the unit to date of quotation and is based on current market conditions as the disposal of the unit, local demand and seasonal buying trends.

Several comparative exercises on prices (for each transnational analyzed here) showed that there are significant differences in the total paid for each unit between Mexico and the United States, with a higher charge on the total paid in Mexico. These differences are clearly a result of different investment schemes that can be run in Mexico (see the differential in interest rates by country) and the compulsory

purchase of auto insurance and other products along with the car in Mexico (Tables 5 and 6). Differences in marketing and financing schemes observed in the case of Ford, are repeated in the other ATNCs analyzed; although the magnitudes are different (in some cases they are substantially higher) in all it was observed that the final price paid for a car in Mexico is higher than that paid in the United States.

With a share of more than fifty percent of auto financing in Mexico, financial entities of automotive corporations have determined the behavior of the total trading volume, so that contractions and increases in trading volume are explained by the same trends in these financial institutions. The fall of the financing executed by these institutions during the latest global financial crisis (against the little variation observed by the banks and self-financing) help explain that the negative effects on the automotive industry typically attributed to external factors (such as this financial crisis) are actually originated by the financial practices executed by these corporations. Although banks have also played an important role in the automotive finance, their participation has been more constant in periods of contraction as well as in the most recent period of growth during 2011-2014. This highlights the importance that automotive corporations have attributed to their financial institutions as an ideal instrument for appropriation of profits by the main mode of marketing, automotive financing. Besides comparative and competitive advantages traditionally identified, Automotive financing in Mexico is another important mechanism of extraction of profit, and it is a field that is not intended to be left to the banks, therefore automotive financial institutions have become the conductive growth in this market (Figure 6).

Figure 6. Automotive financing in Mexico, share by kind of financing (2005-2014)



Source: AMDA with information from JATO Dynamics.

The formation and operation of automobile production platforms (export-oriented) with a high import content, the labor relation schemes operating in these platforms, and local marketing financing schemes (for imported units mainly) allow the formation of the kind of liquidity (generated in the PS) required by the capital markets to provide external financial resources. This was corroborated through various exercises aimed to compare prices for identical automotive units marketed in Mexico and in the United States. The various exercises on prices for each of the five ATNCs here evaluated showed that financing schemes are not identical from one country to another; on the contrary, the margin of profit appropriation is substantially higher in Mexico than in the United States. The differences in this range are determined primarily by large differential in interest rates of financing, and the compulsory acquisition of certain insurance and other products in the purchase of the automotive unit in Mexico.

Financial income generation is also a practice that subsidiaries in Mexico have been developing to a lesser extent but with an increasing trend in recent years. The automotive financing schemes and financial leases are combined with a dynamic of debt in which bank loans still prevail but which requires the presence of an owned financial institution and a growing presence of structured transactions in the capital markets (Table 8).

Table 8. Ford. Liabilities Structure of Ford Credit Mexico

Year	*Total Liabilities*	*Commercial Paper*	*Medium-term notes*	*Bank loans*	*Structured operations*	*Intercompany loans*	*Other*
	Millions of pesos	*(%)*	*(%)*	*(%)*	*(%)*	*(%)*	*(%)*
2002	27,509	14	38	45	0	0	3
2003	17,842	12	60	26	0	0	3
2004	21,847	18	50	28	0	0	3
2005	22,862	9	43	38	0	10	0
2006	22,366	12	36	52	0	0	0
2007	21,461	19	36	31	0	13	0
2008	25,703	1	29	20	15	29	6
2009	14,081	0	0	46	10	37	7
2010	8,427	12	0	47	26	0	15
2011	9,250	22	11	27	26	0	14
2012	7,231	6	42	23	30	0	0

Source: Ford Credit de México, S. A. de C. V., Informe Anual, Several years.

The operations of the subsidiaries in Mexico reproduce the scheme in which the receivables require a production structure as a condition of their existence, and a financial structure as a condition to fulfill their role as facilitators of financial income (in the capital markets) and net profit (derived from marketing mechanisms). These instruments (receivables) also guarantee access to new debt since they are constituted as backed financial assets (in the SF) with the backups located in the SP (the cars themselves). These are practices that include running Ponzi financing schemes, executed in the global operations of automotive corporations but also "grafted" in the operations of subsidiaries in Mexico.

This set of tools and practices executed by the subsidiaries in Mexico to achieve maximum profit taking and financial income contribute to ensure the achievement of the objectives imposed from the parent company: repayment or refinancing of debt, thereby contributing to determine the current conditions of the production structure, the labor relations schemes and the current shape of the corporate unionism in the automotive industry in Mexico.

Conclusions

The consolidation of PRCSE is explained by the way that the cycle of capital in the Mexican economy assumes (Marini, 1979) (particularly in the sectors and branches of production that have been induced by FDI from TNCs), dunks to meet the production or consumption requirements of the external markets and financial needs of matrices. Regarding the latter, we have proposed an inference derived from a first approach to the mechanisms under which ATNCs and their financial subsidiaries operate. The intention here is to establish a perspective that articulates both, the productive sector, and the financial.

Specifically, we have point to the need to obtain financial resources for the fulfillment of debt commitments which is added to the factors already known (comparative and competitive advantages) and located in the productive sector of the automotive industry in Mexico. This need for liquidity and thus of profit in shorter cycles, is singled out as a factor that exacerbates the violation of labor rights and precarious wages, as can be seen in new plants installed in Mexico in the context of this "new" automotive boom. Thus, what we have raised here (in terms of the operation of the ATCs financial sector) is an approach to a possible direct causal link in determining the model of labor relations in the IAM, derived from the factors that influence and determine the location of investments of ETAs for the fulfillment of its financial obligations. Therefore, far from aiming to establish an unequivocal relationship, we propose this link between financial and productive

goals of ATNCs and other forms of extraction of profit (in the form of financing schemes), as fields to be explored in future research, particularly because of the implications they could bring to the lives of a workforce traveling on feet, in the midst of an industry that goes on wheels.

References

Arteaga García, Arnulfo (2003), *Integración productiva y relaciones laborales en la industria automotriz en México*, Mexico, Plaza y Valdés, UAM-I.

Arteaga García, Arnulfo (2016), "¿Y si la globalización no anuló la dependencia?", in Patricia Olave (coord.), *A 40 años de Dialéctica de la dependencia*, Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM.

Arteaga García, A. & A. Álvarez de la Rosa (2014), *Renovación y expansión sindical en el sector metalmecánico en México. Industria de autopartes*, México, UNIFOR, INDUSTRIALL, CILAS.

Conference Board 2016 (2016), "International Comparisons of Hourly Compensation Costs in Manufacturing, 2015", The Conference Board. Accessed at: <https://www.conference-board.org/ilcprogram/index.cfm?id=38269>, on May 10, 2016.

Gobierno del Estado de San Luis Potosí (2014), Convenio entre el gobierno de SLP y BMW. Proyecto Tabano. Accessed at: <http://www.proyectotabano.com.mx/Expediente%20BMW/CONVENIO%20GOBIERNO%20SLP%20-%20observaciones.pdf>, on May 10, 2016.

INDUSTRIALL (2005), Declaración común sobre derechos humanos y condiciones laborales del Grupo BMW, INDUSTRIALL. Accessed at: <http://www.industriall-union.org/sites/default/files/uploads/documents/GFAs/BMW/bmw-gfa-spanish.pdf>, on May 10, 2016.

JCFA (2005), Contrato Colectivo de Trabajo CC-973/2005-XII firmado entre la empresa General Motors de México, S. de R.L. de C.V. y el Sindicato Nacional de Trabajadores de las Industrias Metal-Mecanica Automotriz y Proovedoras de Autopartes en General C.T.M. Miguel Trujillo Lopez.

JCFA (2011), Contrato Colectivo de Trabajo CC-1353/2011-XII firmado entre la empresa Mazda Motor Operaciones de México, S.A. de C.V. y el Sindicato Nacional de Trabajadores de la Industria Automotriz, Similares y Conexos de la República Mexicana.

JCFA (2012), Contrato Colectivo de Trabajo CC-1407/2012-XII firmado entre la empresa Nissan Mexicana, S.A. de C.V. y el Sindicato Único de Trabajadores de la Industria Automotriz del Estado de Aguscalientes.

JCFA (2012a), Contrato Colectivo de Trabajo CC-1412/2012-XII firmado entre la empresa Volkswagen de México, S.A. de C.V. y el Sindicato Nacional de Trabajadores de la Industria Automotriz, Similares y Conexos de la República Mexicana.

JCFA (2014), Contrato Colectivo de Trabajo CC-1693/2014-XII firmado entre la empresa BMW SLP, S.A. de C.V. y el Sindicato Nacional de Trabajadores de la Industria Automotriz Similares y Conexos de los Estados Unidos Mexicanos.

JCFA (2014a), Contrato Colectivo de Trabajo CC-1713/2014-XII -XII firmado entre la empresa Kia Motors México, S.A. de C.V. y el Sindicato Nacional de Trabajadores de la Industria Automotriz, Similares y Conexos de la República Mexicana.

JCFA (2015), Contrato Colectivo de Trabajo CC-1910/2015-XII firmado entre la empresa Ford Motor Company, S. A. de C. V. y el Sindicato de Trabajadores de Ford Motor Company de Irapuato.

KPMG (2016), Competitive Alternatives 2016. A Guide to Business Location Costs, KPMG. Accessed at: <https://www.competitivealternatives.com/results/reports.aspx?Scope=AVA,AVC,AVF,AVG,AVI,AVJ,AVM,AVN,AVU,AVS&Operation=883&Report=DCR>, on May 10, 2016.

Lapavistas, C. (2011), "Theorizing Financialization", *Work, employment and society*, 25(4), UK, University of London, pp. 611-626.

Lapavistas, (2016), "The profits of financialization", *Monthly Review*, vol. 68, issue. 03, July-August. Accessed at: <http://monthlyreview.org/2016/07/01/the-profits-of-financialization/>, on August 2, 2016.

Marcial Flores, Aurora (2016), Ganancias, inversión extranjera y deuda en las empresas automotrices en México/2016, thesis, UNAM. Accessed at: <http://132.248.9.195/ptd2016/marzo/511023583/Index.html>, on May 09, 2016.

Marini, Ruy Mauro (1979), "El ciclo del capital en la economía dependiente", in Úrsula Oswald (coord.), *Mercado y dependencia,* Mexico, Nueva Imagen, pp. 37-55. Accessed at: <http://www.marini-escritos.unam.mx/058_ciclo_capital_dependiente.html>, on May 10, 2016.

Minsky, H. (1984), *Can 'it' happen again? Essays on instability and finance*, New York, USA, M. E. Sharpe, Armonk.

Minsky, H. (2008), *Stabilizing an unstable economy*, USA, McGraw Hill.

OIT. Comité de Libertad Sindical (2012), Caso núm. 2694 (México), OIT. Accessed at: <http://www.ilo.org/dyn/normlex/es/f?p=NORMLEXPUB:50002:0::NO::P50002_COMPLAINT_TEXT_ID:2911806>, accessed May 10, 2016.

Porter, Michael (1999), "Los clusters y la competencia en Trend Management", *Harvard Business Review*, vol. 1, issue 2, January-February.

Secretaría de Economía (2015), Tratado de Asociación Transpacífico. Capítulo 19 "Laboral", Secretaría de Economía. Accessed at: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/26519/19_laboral.pdf>, on May 10, 2016.

Capítulo 11
El futuro de la industria automotriz en México desde la perspectiva de los trabajadores

Graciela Bensusán Areous[1]

Introducción

La industria automotriz (IA) y, en general, la industria manufacturera, seguirán todavía siendo importantes impulsoras del crecimiento económico y de la innovación, tanto en los países desarrollados como en desarrollo, sin negar por ello la incertidumbre que se asocia a esta nueva etapa de transformaciones en el contexto de la globalización. La cuestión es si la IA será, en adelante, capaz de generar bienestar para los trabajadores, como ocurrió bajo el modelo fordista. Dicho de otra forma, lo que está en tela de juicio es si podrán los sindicatos de este sector mantener, recuperar o ganar, en su caso, el poder de interlocución y negociación necesario para incidir en el cambio estructural que se avecina y proteger la calidad de los empleos a lo largo de cadenas productivas extendidas globalmente.

En el contexto más amplio de las tendencias experimentadas por la IA en el mundo y las que se esperan en el mediano y largo plazos, en este trabajo se dará respuesta, así sea de manera inicial, a cuatro aspectos que considero centrales desde la perspectiva de los trabajadores para responder a las preocupaciones recién expuestas: ¿De qué manera las tendencias de la IAM se reflejan en México? ¿Qué oportunidades y restricciones habrá en esta nueva etapa de cambio estructural para articular en el futuro inmediato innovación productiva y social? ¿Qué retos enfrentan los trabajadores para evitar una reestructuración "desde arriba", con altos costos sociales, como la experimentada en los años noventa, y participar en una nueva estrategia competitiva, reorientando la política industrial,

[1] Investigadora de la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco (UAM-X). Correo electrónico: <gbensusan@gmail.com>. Una versión en PPT de este capítulo fue presentada en el Congreso Gerpisa, Puebla, junio de 2016. La autora agradece a Willebaldo Gómez (UNAM) el apoyo brindado para la elaboración de dicha ponencia, así como a Arnulfo Artega (UAM-I) por los valiosos comentarios a ésta.

ambiental y laboral en la IA? Y, finalmente, ¿qué escenarios se vislumbran en el corto y mediano plazos para los trabajadores mexicanos?

El argumento que se sostiene en este capítulo es que, al menos, en el caso de México, se requiere un cambio radical en el modelo de relaciones laborales dominante para aprovechar el *boom* que hoy experimenta la IAM si se quiere que ésta vuelva a tener un papel irradiador positivo en la calidad de los empleos, dentro y más allá del sector, especialmente en la relación que deben guardar los salarios con el incremento de la productividad. Como lo mostró Palma (2011) en su estudio sobre la desigualdad en América Latina, hasta los años setenta, esta articulación se logró, principalmente, por el interés del gobierno mexicano en fortalecer el mercado interno a través del consumo de los trabajadores. Sin embargo, en el contexto de la globalización neoliberal, cuando la principal preocupación del gobierno es atraer inversiones, se requeriría la presencia de actores sindicales verdaderamente representativos y estrategias coordinadas dentro y fuera del país para que esa relación se restablezca a través de una auténtica negociación con las empresas multinacionales y sus proveedoras.

La exposición se encuentra organizada de la siguiente manera. En la primera parte se retoman algunos resultados de investigaciones previas sobre la relación entre innovación productiva y social en la IAM, de donde surge el argumento recién expuesto (Covarrubias, 2014; Carrillo, Bensusán y Micheli, 2016; Bensusán y Gómez, 2016a). En la segunda parte se revisan las principales tendencias de la IAMUN, y en la tercera, se considera el posible impacto de estas tendencias en el caso de México. En la cuarta sección y a la luz del modelo sociolaboral alemán, donde la relación entre innovación productiva y social tiene mayores posibilidades de concretarse, se analizan los principales obstáculos que se enfrentan en México para orientar la IA hacia una vía alta de desarrollo. En la sección V se examinan las restricciones, oportunidades y retos que los trabajadores mexicanos tienen que atender para transitar hacia un modelo de relaciones laborales afín con la vía alta y, finalmente, a modo de conclusión (sección VI), se revisan los posibles escenarios en el corto y mediano plazos.

Desarticulacion entre innovación productiva y sociolaboral en la IAM

Investigaciones previas sobre la IAM (Covarrubias, 2014; Arteaga, 2011; Carrillo, Bensusán y Micheli, 2016; Bensusán y Gómez, 2016a) permiten caracterizar la relación que hasta ahora han guardado la innovación productiva y la social en la

industria automotriz instalada en México.[2] Hay que destacar al respecto al menos tres aspectos. En primer lugar, las innovaciones más importantes se relacionan con la ampliación en la escala de producción y la introducción de nuevos productos. En segundo lugar, el mayor beneficio social es el incremento del empleo, pero éste se genera en su mayoría fuera de las plantas ensambladoras. En tercer lugar, existe una creciente segmentación interna en las empresas, ya que se crean nuevas categorías de trabajadores con menores salarios y beneficios contractuales, lo cual limita el progreso sociolaboral. En consecuencia, no existe una articulación clara entre la innovación productiva y la sociolaboral o ésta es excepcional.

En donde existe algún grado de articulación, esto puede deberse a la presencia de arreglos sociopolíticos internos favorables a los trabajadores, pero inestables, amenazados por las fuertes presiones competitivas en un entorno en donde la mayor parte de las empresas multinacionales tiene un control casi total en la determinación de los costos laborales. Entre otras razones, esto se debe a la ausencia de sindicatos verdaderamente representativos y de negociación colectiva sectorial y a la adopción de una política gubernamental salarial sumamente restrictiva durante los últimos treinta años. La otra posibilidad de articulación, el aumento de la intensidad de factores productivos para privilegiar estrategias de competitividad basadas en el conocimiento, entre otros factores, depende de que se impongan límites a la combinación en el futuro de niveles razonables y crecientes de productividad con bajos salarios, lo que no es todavía un propósito de la agenda del gobierno mexicano: ni en la política laboral ni en la industrial.

En suma, los dos factores que explicarían la existencia de un grado importante de articulación de lo técnico con lo social y sobre los que se registra alguna evidencia empírica en estudios de caso realizados con ese propósito, son la intensidad de factores productivos y la presencia de una auténtica representación de los intereses de los trabajadores. Por ejemplo, la única planta intensiva en conocimiento (Delphi) tiene una articulación más fuerte que las plantas restantes estudiadas por Carrillo, Bensusán y Micheli (2016).[3] Lo mismo sucede en el caso de VWM, donde existe un sindicato independiente y representativo y un sistema de relaciones laborales (SRL) que favorece la articulación. Sin embargo, al ser junto con

[2] Se retoma el concepto de innovación utilizado en Carrillo, Bensusán y Micheli (2016: 32) siguiendo al Manual de Oslo (2005), donde se señala que la innovación "es la puesta en práctica de un producto, proceso, sistema de marketing o método organizativo, nuevo o mejorado". Igualmente, por innovación/progreso sociolaboral se entiende la "mejora de los derechos y prestaciones de los trabajadores en cuanto agentes sociales, lo que eleva la calidad del empleo" (Carrillo, Bensusán y Micheli, 2016: 42).

[3] De un total de dieciocho, salvo en dos casos, todas las firmas multinacionales estudiadas pertenecen a la industria manufacturera y cinco de ellas corresponden a la industria automotriz (Carrillo, Bensusán y Micheli, 2016: 42).

Nissan Civac un caso aislado en el marco de la estructura sindical atomizada de la IAM, la articulación positiva en VWM es inestable y desigual (avances y retrocesos, segmentación del mercado interno de trabajo y pocos ganadores en la cadena de valor de dicha empresa).

En este capítulo se pondrá el énfasis en el papel que desempeña el Sistema de Relaciones Laborales (SRL) dominante en la IAM como factor que haría posible, bajo determinadas condiciones, una articulación positiva entre innovación económica y social. Al respecto, las investigaciones antes citadas dan cuenta del bajo poder de negociación que tienen los sindicatos para establecer una relación positiva entre los incrementos salariales y los de la productividad, lo que sería uno de los indicadores más importantes de la articulación. La razón es que, aunada a los cambios experimentados en el mercado de trabajo al precarizarse los empleos cuando se externalizó hacia los proveedores gran parte lo que se generaba en las empresas ensambladoras, está la evidente pérdida de resplado estatal a los sindicatos a la hora de negociar los salarios en el sector. Entre otros factores, ello se debe a que dejó de operar la negociación política como espacio para la fijación de los salarios en las empresas más importantes del sector, como era el caso de la Ford, cuyas plantas cuentan con sindicatos pertenecientes a la CTM, sin que esta organización asumiera la necesidad de redefinir sus estrategias y recursos de poder frente a las empresas armadoras y de autopartes. Por lo contrario, esta organización, hegemómica en la IAM, se limitó a garantizar un bajo costo laboral como factor de atracción de las inversiones, lo que supone sostener unidades de agremiación débiles, por lo que no construyó dentro de sus filas un sindicato nacional de industria destinado a agremiar a los trabajadores de las plantas ensambladoras, cuyas organizaciones pertenencen a esa central salvo en pocos casos. En un contexto de creciente informalidad y precariedad en los mercados de trabajo y sin el apoyo estatal, esta estregegia se tradujo en la desvinculación creciente entre los salarios y la productividad y en la degradación de los sindicatos del sector.

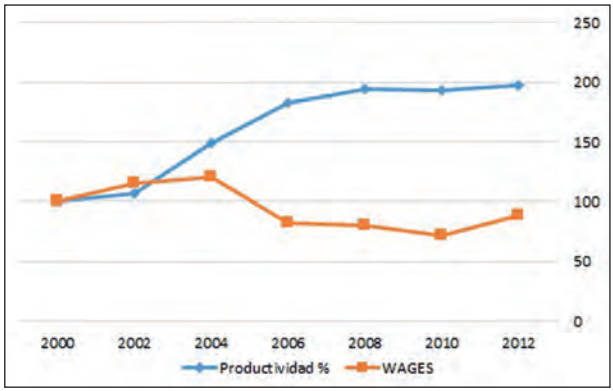
De acuerdo con Palma (2011), en la industria manufacturera mexicana había una relación estrecha entre productividad y salarios que comenzó a modificarse desde 1976 en contra de los salarios. En el caso de la IAM, la desvinculación ocurre más tarde, a partir de 1982, aunque también se experimentó un leve despegue de ambas tendencias entre 1976 y 1979. A partir de entonces, el apoyo estatal se orientó a combatir la inflación y, más tarde, a crear las mejores condiciones para atraer las inversiones, lo que supuso controlar los salarios a la baja especialmente a través de dos mecanismos: una política restrictiva de salarios mínimos y el control sindical.

Desde entonces, y hasta el año 2000, se habría triplicado la productividad en la IAM, pero el salario se incrementó apenas en 20%. Al respecto, se ha sostenido que con el modelo neoliberal, donde hay aumentos de la productividad, "el capital

se lo lleva todo", pero si no hay aumento de la productividad, el capital igual gana contrayendo los salarios. La caída de salarios en algunas industrias y el estancamiento en otras fue un recurso efectivo para aumentar el margen de ganancia en la globalización y un sustituto de la inversión y, hasta cierto punto, el cambio tecnológico. Tal es el caso de la IAM (Palma, 2011).

La brecha entre productividad y salarios en la IAM se mantiene si se toma como punto de partida el año 2000, aunque es menos pronunciada que en las dos décadas previas y presenta una leve mejoría a partir de 2010, como se muestra en la gráfica 1.

Gráfica 1. Productividad y salarios en la Industria Automotiz Mexicana, 2000-2012



Fuente: elaboración propia con base en Inegi, 2000 a 2012.

La estrategia de la CTM, acorde con el interés gubernamental de mantener aislados a los sindicatos, a pesar de que dejó de operar la negociación política de los salarios al más alto nivel que se daba durante la fase del desarrollo estabilizador, impidió que más tarde pudiera aprovecharse el auge de la IAM en el marco del TLCAN para establecer una articulación entre la innovación económica y la socio-laboral. En realidad, la CTM invirtió el sentido de la representación y protegió en adelante a las empresas contra cualquier intento de renovación sindical. El resultado fue una negociación colectiva atomizada, que dio pie a una gran unilateralidad en la determinación de los salarios y condiciones de trabajo. Mientras hasta los años ochenta los incrementos de esta industria, respaldados por una política de salarios mínimos activa, tuvieron un efecto positivo sobre toda la estructura salarial, incluyendo los sectores de bienes no transables (como la construcción), la política de salarios mínimos restrictiva que operó en el país a partir de 1982 ha tenido un efecto negativo no solamente entre los grupos más

vulnerables (jóvenes, mujeres, trabajadores de la construcción y jornaleros), sino también sobre los salarios de industrias altamente productivas y en franca expansión, como es el caso que nos ocupa (Palma, 2011).[4]

Como lo muestra el cuadro 1, existe una gran dispersión en los salarios promedio de la industria que, entre otros factores, se explica por la ausencia de negociación sectorial (Covarrubias, 2014). Más aún, la negociación se realiza planta por planta, incluso cuando los trabajadores están sindicalizados en secciones de un mismo sindicato.[5] Sin embargo, como lo registra la literatura especializada, la articulación entre innovación económica y social difícilmente puede darse a nivel de una empresa y, más aún, en una sola planta (Barrientos et al., 2011). Se requiere que ello ocurra al mismo tiempo en todos los niveles, siendo decisivo el sectorial, como lo mostraremos en este capítulo. Igualmente, se requieren políticas macroeconómicas, como la salarial, que apoyen los esfuerzos realizados a nivel sectorial para lograr la articulación, lo que no sucede en el país.

Cuadro 1. Promedio salarial en armadoras instaladas en México 2015

Armadoras	*Promedio salarial diario ($)*
Nissan Civac	441.51
VW Puebla	419.11
Chrysler Toluca	362.11
Chrysler Ramos Arizpe	357.48
General Motors Toluca	337.06
Ford Hermosillo	336.10
Toyota Tijuana	307.12
Ford Cuautitlán	300.92
General Motors Ramos Arizpe	282.30
Chrysler Saltillo	266.94
Honda El salto	256.59
Nissan Aguascalientes	236.01
General Motor SLP	226.23
Promedio	301.95

Fuente: actualización propia con base en Covarrubias (2014).

[4] En relación con la política de salarios mínimos, sus mecanismos y sus efectos en la estructura salarial, véanse las contribuciones reunidas en Mancera (2015).

[5] Sobre la importancia de la negociación colectiva sectorial y de la negociación centralizada, por sus efectos en la corrección de la desigualdad laboral, véase Hayter (2011) y Hayter et al. (2015). Sobre la estructura de representación sindical en la IAM véase Bayón (1997) y Arteaga (2011).

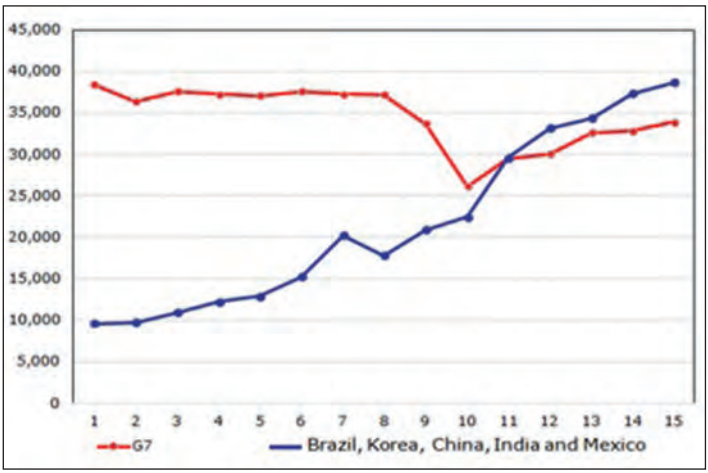
Tendencias en la IAMUN

La importancia de la Industria Automotriz Mundial (IAMUN) queda de manifiesto al ver que de los 12.5 millones de empleos directos en este sector a nivel mundial se generan aproximadamente 60 millones de empleos indirectos (OICA, 2015). Más aún, puede decirse que en gran medida el futuro del capitalismo estará influido por los cambios generados en la industria, ya que los efectos de articulación/desarticulación entre innovación económica y social tienden a difundirse en el resto de la economía. Sin embargo, el futuro de la IAMUN depende en gran medida de lo que pase en la periferia (India, China, Brasil, México) y no solamente de las decisiones que se tomen en el mundo desarrollado, donde se originó la industria.

El futuro de la industria automotriz se caracteriza por una gran incertidumbre debido al menos a tres tendencias: el desplazamiento geográfico, la incorporación de las tecnologías de información en los productos automotrices y las nuevas tecnologías de tracción. Además, el cambio de preferencias en las nuevas generaciones, al pasar de la propiedad de un automóvil hacia la movilidad, tendrá un efecto considerable en la evolución del sector.

En cuanto a la primera tendencia, la gráfica 2 muestra la importancia creciente de los países en vías en desarrollo en la IA, lo que pone de manifiesto la necesidad de asegurar que la capacidad de atracción de las inversiones no esté sostenida allí ni principal ni exclusivamente en los bajos salarios, ya que esta tendencia incide sobre la calidad de los empleos en todo el mundo.

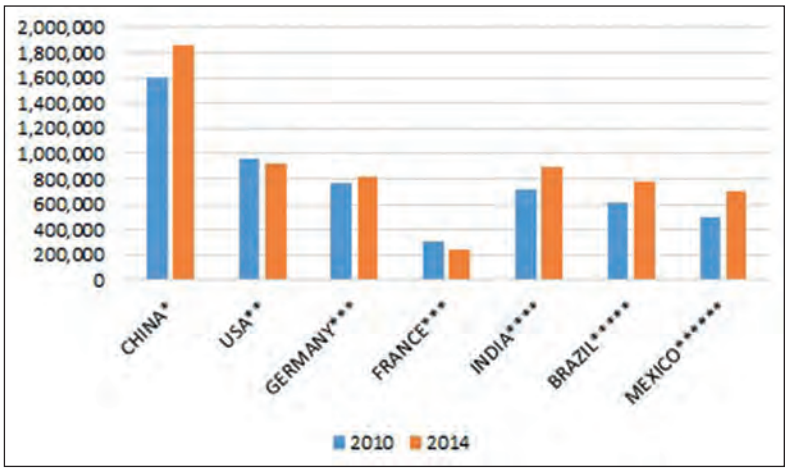
Gráfica 2. Producción de vehículos en el G7 y países en vías de desarrollo, años 2001 a 2015



Fuente: <http://www.oica.net/>, fecha de consulta: 08/04/2016.

Como lo muestra la gráfica 3, lo que ocurra en China, donde se han dado fuertes inversiones en la innovación de motores eléctricos, tendrá una gran influencia en el mundo, ya que es allí donde hay una mayor concentración de empleos, siendo más del doble de los que hay actualmente en México, mientras se pierde empleo en Estados Unidos y Francia.[6] México compite con India y China para atraer las inversiones a través de una estrategia de bajos salarios.

Gráfica 3. Crecimiento del empleo en la Industria Automotriz: 2010 y 2014



Fuente: elaboración propia con base en: *OICA (2014), **BLS (2014), ***EAMA (2014), ****SIAM (2014), *****ANFAVEA (2014), ******Inegi (2014).

Cuadro 2. Evolución del empleo en la Industria Automotriz Mexicana, 1998 a 2014

1998	*2003*	*2008*	*2010*	*2014*
230,712	535,193	552,176	502,067	706,968

Fuente: Inegi, Banco de información Económica, <http://www.inegi.org.mx>.

A nivel regional, la competencia más fuerte se dio con Brasil, país que además de tener salarios más elevados (lo que se mostrará en el siguiente apartado), aumentó las importaciones de automóviles en 48.6% y registró una apreciación de

[6] En relación con los procesos de transformación de los sindicatos y la negociación colectiva en China, en un contexto de creciente activismo de los trabajadores para mejorar sus salarios y condiciones de trabajo, véase Chang-Hee et al. (2014).

su moneda (el real) a partir de 2011. Estas tendencias, en un contexto de alta complementariedad entre el sector de autos y autopartes entre ambos países, lo llevaron a imponer barreras proteccionistas a las exportaciones mexicanas (vehículos y autopartes), renegociando para ello el acuerdo comercial firmado en 2002 con ese país (Acuerdo de Complementación Económica N° 55) cuyo propósito era liberalizar el comercio en el sector automotriz.[7] Al vencer en 2015 el periodo fijado para las restricciones, Brasil exigió una ampliación del periodo de cuotas, que llegará hasta 2019.[8] Hay que observar una diferencia muy importante entre ambos mercados, ya que Brasil dedica 80% de su producción al mercado interno,[9] mientras que México sigue la tendencia opuesta, siendo Estados Unidos el principal destino de sus exportaciones.[10] Esto deja abierto un amplio espacio para promover en México el desarrollo del mercado interno como destino de la producción automotriz, lo que supone la reorientación de las políticas públicas y, muy especialmente, la política salarial hacia el logro de este objetivo. Por lo anterior, lo que ocurra en México en esta industria en materia salarial suscita hoy en día gran interés más allá de sus fronteras, como veremos a continuación.

[7] La petición de renegociar el acuerdo se hizo en marzo de 2012, cuando México se había convertido en el cuarto exportador automotriz a Brasil, después de China, Bélgica y Alemania, lo que se tradujo en la imposición de un sistema de cuotas a las importaciones: 1,450 millones de dólares en el primer año; 1,560 millones de dólares el segundo año y 1,640 millones el tercer año. A partir de esa suma, se impone un impuesto de 30%. Más tarde, Argentina solicitó barreras a las exportaciones mexicanas (véase Góngora y Medina, 2012).

[8] México mantiene un superávit comercial frente a Brasil desde 2011, siendo en 2014 de 1,693 millones de dólares. La producción en este país se redujo 13.7% entre 2014/2015 (enero a enero), a la par que la venta de autos disminuyó 18.5%, al igual que las exportaciones, que lo hicieron en 26.9%, debido a la caída de importaciones de Argentina, a donde iban 7 de cada 10 autos exportados por Brasil. *El Economista*, 19 de febrero de 2015 (http://eleconomista.com.mx/industrias/2015/02/19mexico-brasil-ne…).

[9] En 2014, Brasil era el quinto mayor mercado automotriz del mundo, impulsado por el crecimiento de los salarios desde los años noventa. Sin embargo, esta tendencia llevaba a las multinacionales a instalar fábricas pequeñas en ese país para su demanda interna, mientras instalaba plantas de mayor tamaño en México, favorecido por los bajos salarios y los 44 acuerdos comerciales con otros países. De acuerdo con un directivo de BMW, los altos costos impositivos, laborales y logísticos limitarían la competitividad de Brasil. De esta forma, se esperaba que, a pesar de las cuantiosas inversiones realizadas en 2014 en el país del sur, México lo desplazaría gracias a las exportaciones de las firmas automotrices hacia Estados Unidos (*El Economista*, 31 de octubre de 2014).

[10] En 2013, la venta de vehículos nuevos en el mercado interno seguía siendo la misma que se tenía en 2003, por lo que un alto directivo de la AMIA llamó a ese periodo como el de "la década perdida en el mercado interno". Planteaba al respecto que no se trataba de contraponer ambos mercados, pero que eran necesarias políticas públicas para desarrollar el mercado interno en México. Declaraciones de Eduardo Solís, Presidente Ejecutivo de la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz, *El Financiero*, 27 de octubre de 2014.

Impacto de las tendencias en México: cantidad *vs.* calidad del empleo

El principal impacto de la tendencia hacia la relocalización de las plantas automotrices en México es que casi se triplicó el volumen de empleo al pasar éste de 270,712 trabajadores en 1998 a un total de 730 mil en 2016. Sin embargo, 88% de estos empleos se localiza en el sector de autopartes y concentra 60% del contenido nacional, según datos de la Secretaría de Economía.[11]

Además, como ya se dijo, México se convirtió en un gran atractivo para los inversores al pasar de poco más de 582 millones de dólares en el año 2000 a más de dos mil millones de dólares en 2014, de acuerdo con cifras del Inegi.[12] El problema es que, al menos hasta ahora, un poderoso factor de atracción de la inversión extranjera directa, sin minimizar la creciente importancia de las competencias laborales de sus trabajadores, es el bajo costo laboral de México, lo que ha tendido a agravarse con las devaluaciones del peso a partir de 2015. Como se muestra en la gráfica 4, México tenía ya desde 2008 un salario aún más bajo que el de China. Más aún, de acuerdo con datos del Bank of America, en el caso de la industria manufacturera en su conjunto, los salarios de México en 2015 fueron 40% más bajos que los de China, lo que lo ha convertido, aunado a la proximidad geográfica con Estados Unidos, en uno de los principales destinos de la inversión extranjera.[13]

La comparación del costo laboral en diversos países, realizada por Covarrubias (2014) con base en diversas fuentes y estimaciones algo diferentes a las anteriores, muestra también que los bajos salarios constituyen un factor central en las ganancias que obtiene la IAM. Mientras en México se pagaba a los obreros en la línea de producción en promedio 3.95 dólares por hora (antes de las devaluaciones), Brasil pagaba 11.4 dólares la hora, Taiwán 7.5 dólares y Polonia 7.8 dólares por hora. En 2006, las remuneraciones representaban en México 30% del valor agregado bruto de la producción automotriz, pero sólo 20% en 2014, lo que muestra el deterioro en la capacidad de negociación de los sindicatos mexicanos. Ello se debió a que entre 2007 y 2015 los salarios en la IAM cayeron 1.2% en promedio por año.[14]

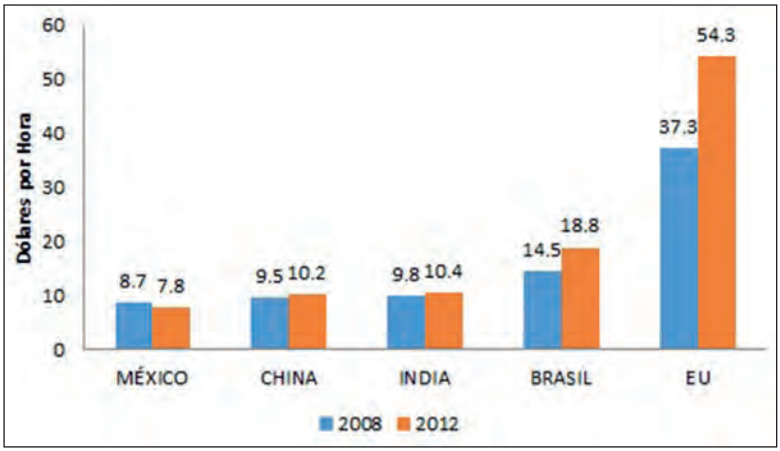
[11] *La Jornada*, 6 de mayo de 2016, <http://www.jornada.unam.mx/ultimas/2016/05/06/buscan-vincular-a-estudiantes-con-industria-automotriz>.

[12] En septiembre de 2015, la IAM tuvo el mayor peso relativo dentro de la IED, alcanzando 21% de un total de 21,600 millones de dólares. Datos de la Secretaría de Economía de México, citados en *Economía Hoy*, 11 de febrero de 2016.

[13] Datos citados en *Economía Hoy*, 11 de febrero de 2016.

[14] *Ibid*.

Gráfica 4. Costo laboral por hora

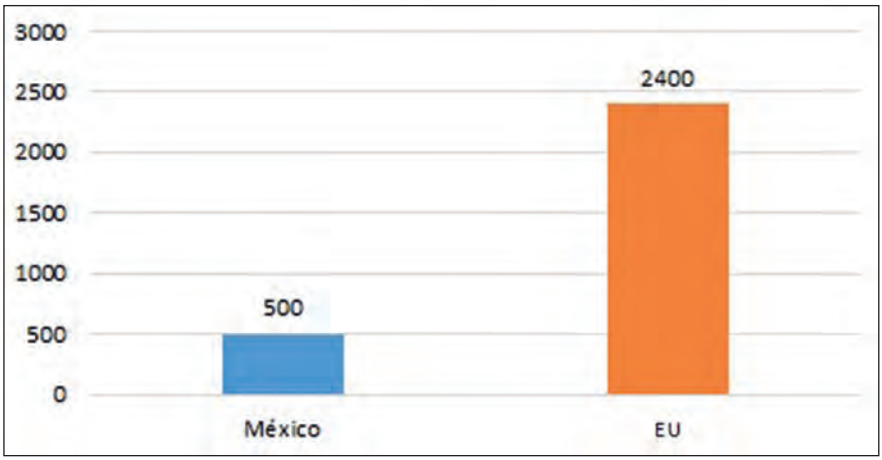


Fuente: U. S. Bureau of Labor Statistics, International Labor Comparisons.

Mientras en 2012 el costo laboral equivalía entonces a sólo la quinta parte del costo laboral promedio de Estados Unidos y el costo laboral por vehículo respecto de ese país resultaba seis veces menor, como se muestra en las gráficas 5 y 6, la situación se agravó al aumentar el proceso de externalización de los empleos y con las devaluaciones del peso mexicano. Así, un obrero mexicano dedicado al ensamble cobraba en 2015 en promedio 2.7 dólares por hora y en el sector eléctrico y electrónico de la industria cobraba 2.2 dólares por hora. En promedio, considerando sueldos y salarios, se cobraba 2.9 dólares por hora en México *vs.* 26 dólares en el país vecino. De acuerdo con los Datos del Departamento de Trabajo de Estados Unidos, por cada dólar que se paga en México, en aquel país se deben pagar nueve dólares por hora a los trabajadores de la industria automotriz, tendencia que se agravaría tomando en cuenta las presiones de los sindicatos estadounidenses (UAW) para llevar el salario en aquel país a 30 dólares la hora a la par que se acentuó la devaluación del peso mexicano entre 2015 y 2016. Más aún, mientras un trabajador mexicano que destinara todo su salario a comprar un automóvil de una determinada marca en 2016 tendría que ahorrar 31 meses, en Estados Unidos reuniría la suma necesaria en sólo 3.5 meses. Esta diferencia explica por qué por cada diez automóviles vendidos allí en enero de 2016 en México sólo se vendió uno.[15]

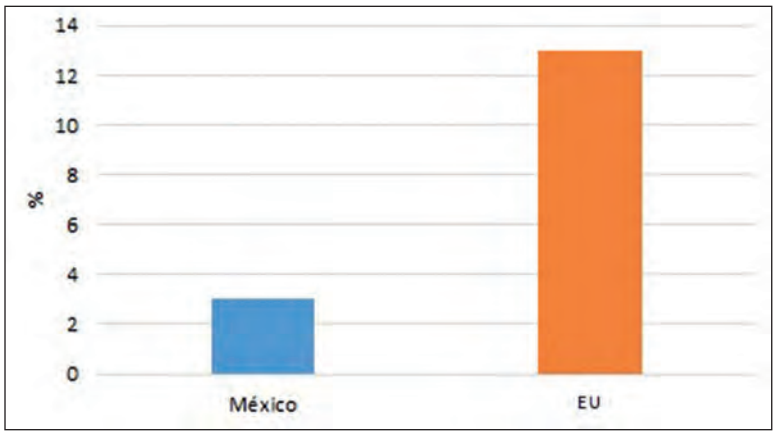
[15] El coche utilizado para la comparación fue el "Ford Fusion S", de 2016, que fue el vehículo ensamblado en México más vendido en Estados Unidos. *Economía Hoy*, 11 de febrero de 2016.

Gráfica 5. Costo laboral promedio (Dlls), 2015



Fuente: Deutsche Bank (2015).

Gráfica 6. Costo laboral por vehículo (%), 2015



Fuente: Deutsche Bank (2015).

Estas comparaciones justifican el creciente interés despertado en diversos medios de Estados Unidos en denunciar los mecanismos utilizados en México para inhibir la emergencia de sindicatos verdaderamente representativos en la IA e incluso las presiones para renegociar el TLCAN, tema destacado en la campaña

presidencial de aquel país en 2016.[16] Como señala el reporte del Bank of America Merrill Lynch, México ofrece una mayor productividad con salarios más bajos, lo que le permitirá aumentar su producción automotriz y pasar de 3.2 millones de unidades ensambladas a cinco millones entre 2014 y 2019, lo que, a menos de que algo cambie, implicará mayor cantidad de empleos de mala calidad, por las bajas remuneraciones.

Aunado a estos rezagos en la calidad de los empleos, hay que agregar que la innovación productiva es limitada, en tanto que México participa escasamente en la producción de nuevos modelos de tracción automotriz y está sumamente atrasado en la incorporación de las nuevas tecnologías de la información frente a los países desarrollados y otros en desarrollo. Por ejemplo, en el país hay sólo 200 vehículos eléctricos, mientras que Estados Unidos tiene 245,000 autos de este tipo en sus calles.[17] Además, la producción de híbridos solamente se encuentra en GM Ramos Arizpe (Captiva) y Ford Hermosillo (Fusion), así como en VWM con motores diésel (León). Las principales empresas que surten a las armadoras mexicanas de módulos de conectividad, se encuentran en San Francisco.

Aunque la reestructuración de los contratos colectivos desde fines de los años setenta ha permitido márgenes muy ampios (y diversos) para la flexibilidad externa (manejo del volumen del empleo) e interna (horarios de trabajo, polivalencia, entre otros) en todas las empresas de la IAM, hay escasos incentivos para aumentar la preparación y capacitación del personal en el desarrollo de nuevas habilidades y capacidades tecnológicas, sobre todo en el sector de autopartes.[18] No existe presión alguna por parte de los sindicatos del sector para incrementarla, más allá de la que se proporciona para cumplir con los planes de las empresas. Las comisiones mixtas de capacitación de las empresas no parecen planear con base en el futuro de los procesos de producción, por lo que ésta se da con base en los

[16] En relación con las presiones de diversos legisladores, sindicatos y del gobierno de Estados Unidos para promover reglas y condiciones más justas en el proceso de sindicalización y negociación colectiva en México, véase Bensusán y Covarrubias (2016).

[17] Revista *Forbes*, 13/04/2015.

[18] De acuerdo con las declaraciones a *La Jornada*, de Albin Santos, presidente de la Asociación de la Industria Nacional de Autopartes, el principal "cuello de botella que tiene la industria de autopartes para seguir creciendo es la demanda de personal preparado", incluyendo obreros, técnicos e ingenieros. Sostuvo que las empresas tardan de 6 a 18 meses en capacitar a los egresados para que "puedan ser productivos", mientras "se les paga un salario y representa un costo para las empresas sin que esta persona pueda ser rentable". De acuerdo con este funcionario, las empresas conservan a 6 o 7 personas de cada diez que capacitan, ya que sostuvo que los trabajadores se van una vez que se les prepara. Esta situación puede deberse, justamente, a los bajos salarios en el sector de autopartes. *La Jornada*, 6 de mayo de 2016.

requerimientos actuales de las empresas y no con base en una planeación a futuro centrada en la innovación.

En suma, aunque la flexibilidad laboral y la productividad se han venido incrementando en México, hay rezagos tanto en cuanto a la innovación productiva como a la sociolaboral, lo que crea un escenario de indeterminación hacia el futuro en cuanto al alcance, la orientación y los beneficiarios del cambio estructural que tendrá que experimentar la industria en su conjunto.

Obstáculos para transitar hacia la vía alta en el caso mexicano

El modelo sociolaboral alemán reúne un conjunto de características que se asocian al impulso de una estrategia de desarrollo por la vía alta: altos niveles de productividad y altos salarios. En esta sección se recupera este modelo porque permite vislumbrar algunos de los obstáculos que existen en México para dejar atrás una estrategia exportadora basada en bajos salarios, incrementos de la productividad y crecientes competencias laborales, pero marcada por la externalización de los empleos hacia las proveedoras y profundización de la segmentación de los mercados laborales internos. Sin desconocer la dificultad de adaptar arreglos sociopolíticos que resultan de estructuras productivas, legados institucionales y sistemas de relaciones laborales completamente diferentes al de México, se discute aquí en qué medida algunas de las características del modelo alemán pueden ser una alternativa en México. Explorar otras opciones y valorar en el contexto específico de la industria en México se vuelve un imperativo, especialmente cuando existen fuertes presiones del exterior para terminar con la simulación en el proceso organizativo y reivindicativo en la IAM y está en curso un proceso de reforma institucional que por primera vez abriría el paso en el país a procesos de formación (o renovación) de sindicatos independientes, elección de directivas y negociación colectiva basados en la autonomía y la transparencia. Es decir, se trata de una nueva estructura de oportunidades que genera incentivos para el cambio.

Como ya se dijo, es justamente el caso de VWM uno de los pocos ejemplos que existen en la IAM en donde hay un pleno reconocimiento de la interlocución sindical y negociaciones serias entre trabajo y capital, a veces como resultado de la cooperación y otras del conflicto abierto, para determinar bilateralmente las condiciones de trabajo. Ello se debe a que en VWM el arreglo micro-corporativo se sustenta esencialmente en el consenso de las bases y la presencia de un

sindicato verdaderamente representativo, plenamente reconocido por la empresa, en lugar de la tradicional imposición desde arriba, como sucede en la mayoría de las empresas instaladas en el país con diferentes orígenes nacionales (Estados Unidos, Japón y otros). Sin embargo, este arreglo encuentra uno de sus límites, precisamente, en el carácter aislado y atomizado de la estructura sindical y la negociación colectiva en la IAM, por lo que las indiscutibles ventajas del sistema de relaciones laborales de VWM —comparando con la marcada unilateralidad en otras empresas automotrices instaladas en el país— no se pueden lograr en plenitud a menos de que se extienda a nivel del sector.

Un factor esencial del modelo sociolaboral alemán es el compromiso social entre los actores en torno del impulso a la especialización como motor del crecimiento de la IA (Jürguens y Naschold, 1994). Desde el punto de vista del modelo productivo, se basa en una manufactura diseñada para ser flexible y ajustarse al cambio sin altos costos; armadoras y proveedores cercanos geográficamente de donde se hace I&D y trabajadores altamente calificados (62% capacitados *vs.* industria 58%) con un mayor porcentaje de profesionales (13.6% e industria 10.5%).[19] Esto se consigue a través del modelo educativo dual, característico de ese país, cuyos principios combinan teoría y práctica, por lo que se refiere a la formación profesional.[20] Como señalara en una entrevista el exvicepresidente de Recursos Humanos de VWM, si bien este modelo educativo no se puede trasladar al país puesto que tiene un fuerte componente histórico-cultural, con un arraigo de varios siglos en el que se entremezclan reglas formales e informales, la idea de profesional que se tiene en VWM recupera justamente la importancia de la autonomía y solvencia técnica del trabajador, que debe ser capaz de cuestionar una instrucción de un superior, lo que supone una formación y un contexto institucional favorable para ello (Bensusán y Gómez, 2016b).

En el mismo sentido, la existencia de una estructura de representación sectorial y el conocimiento como recurso de poder influyen en la capacidad del sindicato alemán (IGMetall) para proponer alternativas frente a situaciones críticas y son parte de los activos del modelo laboral. Un ejemplo al respecto fue la estrategia diseñada por IGMetall para impulsar el proceso de chatarrización que hiciera posible reconvertir el parque vehicular.[21]

[19] Sobre las perspectivas de la industria automotriz alemana, véase Barthel et al. (2015), de donde fueron tomados los datos anteriores.

[20] En relación con las características del modelo de educación dual en Alemania, que lo distinguen de otras experiencias europeas y los problemas que se han experimentado para trasladarlos a otros países, véase Euler (2013).

[21] Véase al respecto Barthel et al. (2015). Cabe señalar como ejemplo, dentro de América Latina, el caso del sindicalismo de Brasil, que a mediados de los años noventa, en el marco de la cámara

Por último, además de la existencia de un sistema de cogestión a nivel de las empresas, que favorecen el acceso a la información y la cooperación en diversos temas vinculados a la innovación,[22] hay que mencionar que en aquel país se ha logrado un importante grado de flexibilidad interna, a través de las negociaciones a distintos niveles que permiten establecer horas de trabajo y condiciones de trabajo capaces de responder a las fluctuaciones del mercado, reduciendo la necesidad de ajustes en el empleo.

Algunos de los obstáculos provenientes del modelo productivo y laboral existente en la IAM que impedirían la transición hacia un nuevo arreglo en este sector, adaptando algunos de los rasgos del modelo alemán, ya han sido señalados: rezago tecnológico, estructura de agremiación y negociación atomizada, falta de espacios de cooperación con interlocutores representativos, dotados de información y verdaderamente operativos en temas de capacitación, innovación y productividad en las empresas, entre otros. Lo cierto es que el arreglo corporativo-estatista dominante en México implicó acumular poder en cúpulas de las confederaciones, como es el caso de la CTM, pero imponiendo unidades de agremiación débiles y aisladas entre sí dentro de un mismo sector. Existe diversidad en los niveles de autonomía, democracia y participación internas, incluso dentro de una misma central, como lo ilustra el caso de la Ford (Contreras y Díaz, 2016). Por eso mismo predominan en el mejor de los casos las estrategias defensivas tradicionales, con ausencia de diagnósticos, planeación a corto plazo y percepciones diferentes frente al nuevo contexto de la industria. La escasa participación sindical con propuestas propias en temas de productividad, capacitación e innovación muestra el desaprovechamiento de los espacios de bilateralidad (comisiones mixtas), al punto que, a pesar de la importancia que ha llegado a adquirir la IA en la estructura productiva del país, no existe una visión estratégica en las principales centrales sindicales sobre el futuro del sector automotriz y sobre cómo puede hacerse para que los trabajadores obtengan algo más que la preservación de los empleos.

Junto con las restricciones internas de la IAM, que explican la falta de articulación entre la dimensión productiva y social de la innovación, hay que considerar las de tipo externo, como la falta de una política industrial por parte del gobierno, orientada a atraer nuevos modelos, impulsar las nuevas tecnologías de tracción y aprovechar de mejor manera el creciente desarrollo de clústers. Así, por ejemplo,

---

sectorial de la IA, fue el impulsor de un proceso de reconversión que permitió cambiar la estructura de la industria, al dar preponderancia al mercado interno (80%) frente al externo (20%), exactamente a la inversa de lo que ocurría allí y de lo que sigue ocurriendo en México.

[22] Sobre el sistema de cogestión y sus características véase Pries (2016).

aunque las secretarías locales de educación, trabajo y economía en estados con presencia de la IA se preocupan por la formación que demandan las empresas, con miras a atraer las inversiones y los empleos, no se preocupan por la calidad de éstos ni son proactivos impulsando políticas de capacitación propias y de largo plazo. Ejemplo de ello se encuentra en el Programa Estratégico de la IAM (2012-2020), escasamente innovador y en cierta forma ambiguo. Mientras busca ubicar a México entre los principales países productores y exportadores de vehículos en el mundo, así como contar supuestamente con un mercado interno que atraiga la inversión de empresas transnacionales, no tiene entre sus prioridades la calidad de empleo y, con ello, el aumento de los salarios. No promueve el desarrollo de nuevas tecnologías de tracción y, aunque crea incentivos fiscales para la venta de autos con tecnologías amigables con el medio ambiente, no ofrece incentivos para su producción, a diferencia de lo que hace China, que incentiva la producción de autos eléctricos de bajo costo.

Por su parte, la política laboral en el sector, en vías de transformación debido a las presiones externas (Bensusán y Covarrubias, 2016), hasta ahora se orientaba a mantener a raya una estructura sindical y de negociación colectiva atomizada, con remuneraciones a la baja, sin mejorar la capacidad estatal para resolver los conflictos redistributivos en la industria que posibilitarían una vinculación entre salarios y productividad, en lugar de inhibirlos con la complicidad de las dirigencias sindicales. Prueba de ello es que no hubo huelgas de jurisdicción federal en los últimos dos años y en los pocos casos en que los trabajadores buscaron tener una representación sindical auténtica, las autoridades laborales favorecieron a los sindicatos proclives a aceptar la unilateralidad en la determinación de las condiciones de trabajo. El caso más reciente es el conflicto vivido por los trabajadores de Honda.[23]

Lo mismo sucede en cuanto a la política ambiental, donde se observan escasas líneas de acción para generar una producción automotriz menos contaminante, aunque éstas también atraviesan por un proceso de cambio debido al incontrolable aumento de la contaminación en la Ciudad de México en la primavera de 2016. Las normas ambientales que regulan la emisión de contaminantes (NOM 041 y NOM 042) no son ahora rigurosas. Por ejemplo, como se muestra en el cuadro 3, seis de los modelos más vendidos y/o producidos en México no pueden ingresar a Estados Unidos por carecer de estándares en materia ambiental y de seguridad, a la vez que los estándares de seguridad sólo contemplan la distancia de frenado como NOM (Norma Oficia Mexicana).

[23] En relación con este conflicto, véase un recuento en Bensusán y Covarrubias (2016). En cuanto a las características de la política laboral en México, véase Bensusán (2013).

Cuadro 3. Modelos más vendidos en México (2015)

Modelo	*Empresa*	*Unidades*
AVEO(N)	GM	6,250
VERSA (N)	NISSAN	5,256
VENTO*	VW	4,766
TSURU(N)	NISSAN	4,266
MARCH(N)	NISSAN	3,784
SPARK*(N)	GM	3,740
SENTRA	NISSAN	2,663
MATIZ" (N)	GM	2,298
JETTA	VW	2,266
TIIDA (N)	NISSAN	2,235
CLÁSICO (N)	VW	2,095
MAZDA	MAZDA	2,023
HONDA CITY*	HONDA	1,347
IBIZA*	SEAT	1,299
FIT	HONDA	1,178

Fuente: informe de ventas mensuales AMIA, <www.amia.com.mx>.
* Modelo importado.
(N) No cumple las normas de calidad en Estados Unidos.

En suma, las restricciones externas e internas recién expuestas dan cuenta de algunos de los aspectos a focalizar para iniciar la transición hacia una nueva estrategia competitiva en la IAM que integre la dimensión productiva y social de la innovación y posibilite que el cambio estructural genere un mejor reparto de los costos y sacrificios, diferenciando esta nueva etapa de la que se inició con la reestructuración de fines de los años setenta.

Oportunidades y retos en la IAM

Dos tipos de cambios abrirían nuevas oportunidades para transitar hacia un nuevo arreglo sociopolítico en la IAM. Por una parte, se deben reorientar y articular las políticas públicas en torno del objetivo de impulsar una IA en el país que genere bienestar para sus trabajadores a lo largo de la cadena de valor y no sólo

empleos mal pagados con enormes ganancias para las empresas multinacionales.[24] Esto implica tanto a la política laboral como a la industrial y a la ambiental. Por ejemplo, la creciente presión social por el deterioro ambiental podría llevar finalmente a la adopción de normas oficiales más rigurosas y programas de incentivos fiscales para los compradores y productores de autos con nuevos modelos de tracción, lo que a su vez abriría la posibilidad de competir a través de mayor innovación y valor agregado, generando nuevas trayectorias tecnológicas, productivas y laborales, en lugar de depender de salarios artificialmente deprimidos. Con ese mismo fin, una política de salarios mínimos activa sería un incentivo para mejorar la productividad en las pequeñas empresas de la cadena de valor y, a la vez, quitaría el freno al aumento de los salarios contractuales, que tienden a fijarse con base en el tope decretado por la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos.

Por otra parte están los cambios de tipo institucional. Con la reforma laboral de 2012, se ampliaron los espacios de bilateralidad y trilateralidad en temas de productividad e innovación en distintos niveles: la empresa, el sector y a nivel nacional. Hasta ahora, dichos espacios han sido desaprovechados, al punto de que el Comité Nacional de Productividad instalado en 2013, por primera vez, acordó un convenio para el sector de autopartes destinado a adoptar un sistema de formación dual que permita a las empresas contar con personal preparado, atendiendo a la importancia que reviste este sector en cuanto a la generación de empleo, a la que se hizo antes referencia.[25] Considerando que casi nueve de cada diez empleos de la IA se ubican en la industria de autopartes, cobra mayor importancia el impulso a los sindicatos sectoriales y la negociación colectiva a ese nivel que permitan ligar los salarios con la productividad. Justamente, la dificultad de retener al personal en estas empresas, una vez capacitados, puede deberse a los bajos salarios y la precariedad de los empleos que se observan a lo largo de la cadena de valor. Así, lo que muchos están viendo como la principal ventaja del país, puede convertirse en el futuro inmediato en su principal cuello de botella.

La reforma de la Ley Federal del Trabajo de 2012 abrió la oportunidad para que los comités de productividad, a nivel nacional, sectorial y de las empresas, se conviertan en verdaderos espacios de innovación productiva y social. Sin embargo, eso supondría necesariamente un cambio en la estructura y la calidad de la representación de los trabajadores (Bensusán y Gómez, 2014). En ese contexto debe valorarse la propuesta de reforma constitucional en materia de justicia laboral, enviada al Senado de la República por el presidente Enrique Peña Nieto. En ella se

[24] En torno del manejo de las cadenas de valor en la industria automotriz, véase Schmid y Grosche (2008).

[25] Véase al respecto el Boletín de la Secretaría de Economía, <https://www.gob.mx/se/prensa/firma-de-convenios-para-impulsar-el-sector-automotriz>.

eliminan las juntas de conciliación y arbitraje, que han sido la base del arreglo corporativo-estatista en el mundo del trabajo y se crea un órgano autónomo a nivel nacional para el registro de los sindicatos y el depósito de los contratos colectivos, bajo el principio de representatividad y certeza, lo que sería un paso a favor de una renovación gradual de las estructuras y dirigencias sindicales, a la par que dificultaría la simulación en la contratación colectiva.[26] Atrapadas entre el viejo corporativismo, el desprestigio sindical, la debilidad del sindicalismo independiente y el individualismo, las nuevas generaciones de trabajadores tendrán, si se aprobara esta reforma, mayores oportunidades para ampliar la representación de sus intereses en la cadena de valor, si es que se quiere aprovechar el éxito de las inversiones en el sector para aumentar el bienestar.

En un nuevo contexto que diera impulso a la reorganización sindical, la creación de sindicatos globales de industria y las alianzas transnacionales pueden ser útiles para que los trabajadores mexicanos vayan superando la desconfianza que hoy tienen no sólo respecto de sus dirigentes y organizaciones, sino además en cuanto a las ventajas de la acción colectiva. Todo lo anterior plantea no pocos retos para los trabajadores y, sobre todo, para los sindicatos existentes, los que si bien no desaparecerán en el corto o mediano plazos, se verán obligados a mejorar sus recursos de poder y capacidades, si no quieren ser desplazados por nuevas organizaciones o simplemente por la decisión de los trabajadores de salir de sus filas. Hasta ahora, los sindicatos se han desentendido de lo que ocurre con los salarios de los grupos más vulnerables, como lo prueba la ausencia de apoyo a los esfuerzos que desde el 1 de mayo de 2014 vienen realizándose por el gobierno de la Ciudad de México para adoptar una política de recuperación gradual de los salarios mínimos. Esta apatía no se explica más que por su miopía, cuando no por la inversión del sentido de la representación. Sin embargo, la política de salarios mínimos afecta no solamente a los siete millones de trabajadores que los perciben, sino a toda la estructura salarial, por lo que luchar por el cambio de esta política debería estar en el centro de la agenda de los sindicatos en los sectores más dinámicos de la economía, como es el caso de la industria automotriz.

En estas circunstancias, la comparación entre los modelos sindicales existentes, en cuanto a su mayor o menor capacidad para vincular en el futuro inmediato la innovación económica y social, se vuelve una tarea urgente. Por una parte, el modelo tradicional y hegemómico (sindicatos de la CTM), con escasos niveles de democracia interna y poco responsivo ante las necesidades de los trabajadores, ofrece a

[26] Véanse al respecto: Poder Ejecutivo Federal (2016), *Iniciativa de Reforma Constitucional al Artículo 123*, Presidente Enrique Peña Nieto, presentada el 28 de abril ante el Congreso de la Unión.

Poder Ejecutivo Federal (2016), *Iniciativa de Reforma a la Ley Federal del Trabajo*, Presidente Enrique Peña Nieto, presentada el 28 de abril ante el Congreso de la Unión.

través de la simulación en la negociación colectiva garantías de paz laboral (cero huelgas) y bajos salarios como el principal factor de atracción de las inversiones, pero no genera incentivos para la innovación en la industria. Además, tiene los días contados, frente a las presiones de Estados Unidos, cuyo gobierno actual y los sindicatos aliados al Partido Demócrata se resisten a aceptar una competencia desleal que hace peligrar los empleos de la IA en ese país debido a los mayores costos laborales. No en vano sus dos candidatos a la presidencia de la república en 2016 han planteado la renegociación del Tratado de Libre Comercio.

Por otra parte, el modelo alternativo, con elementos del modelo alemán antes expuesto y que se encuentra desarrollado en VWM, si se quiere en forma embrionaria, se apoya en un sindicalismo más democrático, con participación de las bases y pleno reconocimiento de una interlocución sindical auténtica por parte de la empresa, como parte de un SRL maduro construido a través de avances y retrocesos, donde todos ganan por medio de la negociación sin que por ello se inhiba el conflicto (Bensusán y Gómez, 2016a). En un contexto institucional en donde la voz de los trabajadores vuelva a contar a la hora de decidir cuestiones que los afectan y cuando no pueda inhibirse el conflicto redistributivo como hasta ahora, por la complicidad de las dirigencias, las empresas ganarían con la presencia de organizaciones comprometidas con el incremento de la productividad y dispuestas a explorar nuevas formas de cooperación con un reparto equilibrado de costos y beneficios.

Al mismo tiempo, el cambio institucional haría posible la construcción de una nueva estructura de representación sectorial articulada, a la par que la emergencia de nuevas formas organizativas de tipo territorial menos rígidas y en alianzas con sectores diversos de la sociedad, de forma tal que sea posible la agremiación a lo largo de las cadenas de valor y la negociación sectorial. Ésta será una condición para lograr el mejoramiento simultáneo de los salarios y condiciones laborales de los trabajadores dentro de las armadoras y en las empresas de autopartes, sin contraponer los intereses de unos y otros. Y también ofrecerá ventajas a las empresas, que podrán sacar del ámbito interno disputas sobre cuestiones salariales que pueden entorpecer las relaciones de cooperación que se establezcan con representantes auténticos de sus trabajadores y tendrán oportunidad de destinar mayores cuotas de producción hacia el mercado interno al mejorar los ingresos de los trabajadores del sector. Todo ello implica nada menos que abandonar la zona de confort en la que han podido vivir hasta ahora las dirigencias sindicales para renovar sus viejos recursos de poder y estrategias a partir del uso del conocimiento, la información, las alianzas transnacionales y las redes con las comunidades. Participar en los procesos de reestructuración con proyectos propios, cuidando el empleo, las condiciones de trabajo y las habilidades del trabajador, anticipándose al cambio, será el principal reto para los sindicatos de la IAM en el futuro inmediato.

Conclusiones: posibles escenarios

Tomando en cuenta los problemas expuestos, así como las oportunidades que pueden abrirse en el corto y mediano plazos para articular en la IAM la innovación productiva con la sociolaboral, en el contexto del cambio estructural que se avecina en el sector, se puede especular en torno de cuatro posibles escenarios.

En el primero nada cambia, por lo que las transformaciones de la industria se impodrían desde arriba y seguirían la pauta de los procesos de los años noventa y siguientes. Los trabajadores pagarían como antes el costo mayor, al profundizarse la precarización de los empleos dentro y fuera de las empresas ensambladoras sin beneficiarse del auge del sector. El contexto político interno no ofrece condiciones para avanzar hacia el cambio institucional en el mundo del trabajo a la par que la situación económica es igualmente adversa para impulsar un cambio en las demás políticas públicas. Sin embargo, aunque podría pensarse que éste es el escenario más probable, hay presiones externas que pueden obligar a remontar los obstáculos internos al cambio institucional e incluso llevar a un viraje en las políticas públicas y reformas estructurales que, hasta ahora, han resultado fallidas.

En ese contexto, tal vez el cambio gradual y cosmético en la estructura de la representación, sin permitir que sindicatos verdaderos ganen realmente poder de negociación para influir en el proceso de reestructuración (ni a nivel micro ni sectorial), puede ser el escenario más viable en el corto plazo. A lo sumo, se verían estrategias defensivas en donde se sacrifiquen las expectativas de obtener beneficios por el incremento de la productividad a cambio de preservar los empleos, sin generar incentivos para la innovación productiva ni social. Sería un escenario gatopardista, como el que se ha visto en otros ambitos de la vida nacional.

Un tercer escenario, en el que a partir del derrumbe del corporativismo y la mayor transparencia en el proceso organizativo volvieran a emerger los conflictos por la representación y por la mejora de salarios y condiciones laborales en atención al aumento de las inversiones y la productividad, parecería muy poco probable. Dada la debilidad de los trabajadores y sus sindicatos, por la forma en que está configurado el mercado laboral (diez de cada diez empleos están en el sector de autopartes y seis de cada diez trabajadores están en la informalidad) y la esperable persistencia de reglas informales para dirimir los conflictos intersindicales que favorecerán el *statu quo*, difícilmente se afrontará en el corto o mediano plazos un escenario de intensas disputas por la representación. Como se vio, estas disputas son a su vez una condición para que puedan expresarse los conflictos redistributivos. Sin embargo, hay que reconocer que el actual contexto social en el país resulta cada vez más proclive a la emergencia de conflictos que no encuentran solución por las vías institucionales y generan enormes costos sociales, económicos y políticos. Evitar a toda costa un escenario semejante en la IA debería

ser una preocupación para todos los actores, lo que como vimos supone explorar alternativas al viejo modelo sociolaboral que todavía sigue generando ganadores, pero que excluye a los trabajadores.

Por último, el escenario más deseable sería aquel que llevara a negociar próximamente un acuerdo para la IA con reglas y compromisos específicos encaminados a asegurar la innovación productiva y sociolaboral en el sector, a partir de una transición ordenada hacia un sistema maduro de relaciones laborales: interlocución real frente al cambio estructural, sindicatos proactivos, legítimos y representativos en toda la cadena de valor, creando incentivos para la cooperación. Este acuerdo debe asegurar que tanto los trabajadores como las empresas puedan beneficiarse del éxito de la industria, a la vez que impulsar una mejor combinación en cuanto al destino de la producción, fortaleciendo la participación del mercado interno y encadenamientos productivos que reduzcan el peso de las importaciones. Como vimos, para que ello ocurra, además del cambio institucional, se requeriría acompañarlo de una redefinición y rearticulación de las políticas públicas en torno de nuevos objetivos, lo que difícilmente ocurrirá bajo la actual administración. Por ello, la política interna será en el corto y mediano plazos un factor esencial a la hora de escoger por cuál de estos escenarios se debería apostar en la IAM, sin olvidar por ello el peso que tendrán los condicionamientos externos al depender el país cada vez más de lo que ocurra en el vecino del norte.

Bibliografía

Arteaga, Arnulfo (2011), "Cambios en la organización del trabajo y su impacto en la fuerza laboral: de mano de obra a gestor de la producción. Estudio de caso en la industria automotriz. Ciudad de México", tesis doctoral en Estudios Organizacionales, Departamento de Economía, UAM-I.

Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA) (2014), "Estatísticas", disponible en <http://www.anfavea.com.br/estatisticas.html>, consultado 30 marzo de 2017.

Barrientos, Stephanie, Gary Gereffi y Arianna Rossi (2011), "Progreso económico y social en las redes productivas mundiales. Nuevo paradigma", *Revista Internacional del Trabajo*, vol. 130, núms. 3-4, pp. 347-373.

Barthel, Klaus, Susanne Böhler-Baedeker, René Bormann, Jürgen Dispan, Philipp Fink, Thorsten Koska, Heinz-Rudolf Meißner y Florian Pronold (2015), *The Future of the German Automotive Industry. Structural Change in the Automotive Industry: Challenges and Perspectives*, N° 20/2015, Alemania, Friedrich Ebert Stiftung/ WISO Diskurs.

Bayón, Cristina (1997), *El sindicalismo automotriz mexicano frente a un nuevo escenario*, Flacso-Juan Pablo.

Bensusán, Graciela (2013), *Reforma laboral, desarrollo incluyente e igualdad en México*, México, CEPAL, Serie Estudios y Perspectivas, núm. 143.

Bensusán, Graciela y Alex Covarrubias (2016), "Relaciones laborales y salariales en la IAM: ¿Vendrá el cambio de fuera?", en Alejandro Covarrubias, Arnulfo Arteaga, Graciela Bensusán y Sergio Sandoval (coords.), *La industria Automotriz en México: Relaciones de empleo, culturas organizacionales y factores psicosociales*, México, RedItiam: Colson-CIAD-AM Editores-CLAVE.

Bensusán, Graciela y Willebaldo Gómez (2014), "¿Puede la reforma laboral de 2012 mejorar la calidad de los empleos en la industria automotriz en México? Restricciones en el futuro inmediato", en Lourdes Álvarez, Jorge Carrillo y María Luisa González (coords.), *El auge de la industria automotriz en México en el siglo XXI. Reestructuración y catching up*, México, El Colegio de la Frontera Norte/Facultad de Contaduría-UNAM.

Bensusán, Graciela y Willebaldo Gómez (2016a), "Volkswagen de México: un caso de articulación positiva y fuerte pero inestable entre innovación productiva y social", en Jorge Carrillo, Graciela Bensusán y Jordy Micheli (coords.), *¿Es posible innovar y mejorar laboralmente? Estudio de trayectorias de empresas multinacionales en México,* Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, El Colegio de la Frontera Norte.

Bensusán, Graciela y Willebaldo Gómez (2016b), "Employee Participation at Plant Level in Mexico: Features and Possibilities", en Stefan Berger, Ludger Pries y Manfred Wannöffel (eds.), *Companion to Workers' Participation at Plant Level: A Global and Comparative Perspective,* Palgrave Handbooks (en prensa).

Bureau of Labor Statistics (BLS) (2014), "Databases, Tables & Calculators by Subject", disponible en: <https://www.bls.gov/data/>, consultado el 30 de marzo de 2017.

Carrillo, Jorge, Graciela Bensusán y Jordy Micheli (coords.) (2016), *¿Es posible innovar y mejorar laboralmente? Estudio de trayectorias de empresas multinacionales en México*, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, El Colegio de la Frontera Norte.

Chang-Hee Lee, William Brown y Xiaoyi Wen (2014), "What Sort of Collective Bargaining Is Emerging in China?", *British Journal of Industrial Relations*, 0007.

Contreras, Oscar Fernando y Martha Díaz Muro (2016), "Ford Motor Co. en México: una plataforma de bajo costo y alta calidad para la exportación", en Jorge Carrillo, Graciela Bensusán y Jordy Micheli (coords.), *¿Es posible innovar y mejorar laboralmente? Estudio de trayectorias de empresas multinacionales en México,* Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, El Colegio de la Frontera Norte.

Covarrubias, Alex (2014), *Explosión de la Industria Automotriz en México: De sus encadenamientos actuales a su potencial transformador*, Análisis N° 1/2014, México, Friedrich Ebert Stiftung.

Deutsche Bank (2015), "Annual Report 2015. Passion to perform", disponible en <https://www.db.com/ir/en/download/Deutsche_Bank_Annual_Report_2015.pdf>, consultado el 30 de marzo de 2017.

Euler, Dieter (2013), *El sistema dual en Alemania. ¿Es posible transferir el modelo al extranjero?*, Alemania, Bertelsmann Stiftung/Fundación Bertelsmann.

European Automobile Manufacturers' Association (EAMA) (2014), "Employment Trends", disponible en <http://www.acea.be/statistics/tag/category/employment-trends>, consultado 30 marzo de 2017.

Góngora, Juan Pablo y Salvador Medina (2012), "Comercio automotor México y Brasil", en *Comercio Exterior*, vol. 62, núm. 3, mayo-junio, pp. 10-13.

Hayter, Susan (2000), *La industria automotriz en México 2000. Serie estadísticas sectoriales*, México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Hayter, Susan (2002), *La industria automotriz en México 2002. Serie estadísticas sectoriales*, México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Hayter, Susan (2004), *La industria automotriz en México 2004. Serie estadísticas sectoriales*, México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Hayter, Susan (2006), *La industria automotriz en México 2006. Serie estadísticas sectoriales*, México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Hayter, Susan (2008), *La industria automotriz en México 2008. Serie estadísticas sectoriales*, México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Hayter, Susan (2010), *La industria automotriz en México 2010. Serie estadísticas sectoriales*, México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Hayter, Susan (ed.) (2011), "Introducción", en Susan Hayter, *The Role of Collective Bargaining in the Global Economy. Negotiating for Social Justice,* Ginebra, ILO.

Hayter, Susan, Tayo Fashoyin y Thomas Kochan (2015), "Collective Bargaining for the 21st Century", *Journal of Industrial Relations,* vol. 53, núm. 2, pp. 225-247.

Inegi (2000), *La industria automotriz en México 2000. Serie estadísticas sectoriales*, México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Inegi (2002), *La industria automotriz en México 2002. Serie estadísticas sectoriales*, México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Inegi (2004), *La industria automotriz en México 2004. Serie estadísticas sectoriales*, México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Inegi (2006), *La industria automotriz en México 2006. Serie estadísticas sectoriales*, México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Inegi (2008), *La industria automotriz en México 2008. Serie estadísticas sectoriales*, México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Inegi (2010), *La industria automotriz en México 2010. Serie estadísticas sectoriales*, México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Inegi (2012), *La industria automotriz en México 2012. Serie estadísticas sectoriales*, México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Inegi (2014), "Banco de Información Económica", disponible en <http://www.inegi.org.mx>, consultado el 30 de marzo de 2017.

Jürgens, Ulrich y Frieder Naschold (1994), "Arbeits-und industriepolitische Entwicklungsengpässe der deutschen Industrie in den neunziger Jahren", en Meinolf Dierkes y Wolfgang Zapf (eds.), *Institutionenvergleich und Institutionendynamik*, Berlín, pp. 239-270.

Mancera, Miguel Ángel (2015), *Del salario mínimo al salario digno*, Distrito Federal, Consejo Económico y Social de la Ciudad de México.

Manual de Oslo (2005), *Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación*, 3a. ed., España, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos/European Commission/Eurostat/Grupo Tragsa.

OICA (Organisation Internationale des Constructeurs Automobiles) (2015), "Production Statistics", disponible en <http://www.oica.net/category/economic-contributions/>, consultado el 30 de marzo de 2017.

Palma, José (2011), *Homogeneous Middles vs. Heterogeneous Tails, and the End of the 'Inverted-U': The Share of the Rich is what it's all about*, Cambridge, Cambridge Working Paper in Economics.

Pries, Ludger (2016), "Structures and Actor Constellations of Workers' Participation at Plant Level in a Comparative Perspective", en Stefan Berger, Ludger Pries y Manfred Wannöffel (eds.), *Companion to Workers' Participation at Plant Level: A Global and Comparative Perspective,* Palgrave Handbooks (en prensa).

Schmid, Stefan y Philipp Grosche (2008), "Managing the International Value Chain in the Automotive Industry. Strategy, Structure, and Culture", Alemania, Bertelsmann Stiftung.

Society of Indian Automobile Manufactures (SIAM) (2014), "Overview", disponible en <http://www.siamindia.com/statistics.aspx?mpgid=8&pgidtrail=9>, consultado el 30 de marzo de 2017.

Rumbo al auto del futuro. Innovación, sistemas de calidad y trabajo en la industria automotriz de México
se terminó de imprimir en diciembre de 2017,
en los talleres de Editorial Color, S. A. de C. V.,
calle Naranjo No. 96 Bis,
Col. Santa María la Ribera, Del. Cuauhtémoc,
Ciudad de México, C. P. 06400.
Tiraje: 600 ejemplares.

La incorporación cada vez más generalizada de dispositivos inteligentes de comunicación e información para conectar componentes y funciones, así como la búsqueda permanente de energías limpias para producir motores alternativos que sustituyan a los de gasolina convencionales, ha dado paso a la producción de automóviles híbridos y eléctricos, con miras a la producción de los llamados vehículos autónomos e inteligentes. Lo anterior está implicando poner especial y mayor atención en los procesos de innovación, en la interconectividad funcional de las cadenas de valor global, en las fallas y errores de manufactura asociados con los sistemas de calidad, en los métodos de capacitación del trabajo, en las regulaciones ambientales asociadas con el mercado, y en las implicaciones sociales de los modelos de relaciones laborales que combinan estándares de contratación de bajo perfil salarial con alta eficiencia del trabajo.

Para los estudiosos del fenómeno automotriz asociados a la Red ITIAM, los aspectos anteriores representan una oportunidad excepcional de análisis que asumimos con especial interés en este libro. Con ello intentamos producir diagnósticos certeros, propiciar el debate y formular propuestas de impacto encaminadas a generar conocimiento y soluciones viables para el sector, que al mismo tiempo contribuyan a solidificar los vínculos que en los años recientes hemos venido estableciendo con redes y entidades de trabajadores, empresarios y funcionarios de gobierno involucrados con el destino de esta industria.

CLAVE editorial
EDITORES
CIAD
EL COLEGIO DE SONORA
ITIAM
Red Innovación y Trabajo en la Industria Automotriz Mexicana
ISBN 978-607-437-428-5
9 786074 374285