

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ECONOMÍA

CENTRO DE EDUCACIÓN CONTINUA Y VINCULACIÓN

SEMINARIO DE TITULACIÓN DE ECONOMÍA PÚBLICA

**PERSPECTIVAS PARA LA INDUSTRIA MANUFACTURERA EN
MÉXICO ANTE LAS TENDENCIAS TECNOLÓGICAS ACTUALES:
LA ROBÓTICA**

ENSAYO PARA OBTENER EL TITULO DE LICENCIADO EN ECONOMÍA

ALUMNO: SOTELO SOTO ALEJANDRO

ASESOR: MTRO. CORDOBA KUTHY ALFREDO

MÉXICO, D.F. ABRIL DE 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mi hija, a mi pareja y a mi madre, las tres mujeres de mi vida.

INDICE:

Introducción.	1
1. Capítulo I.- Marco Teórico.	
1.1. La tecnología.	4
1.2. La importancia del progreso tecnológico.	4
1.3. Las formas del progreso tecnológico.	6
1.4. Las causas del progreso tecnológico.	7
1.5. El Estado y su papel ante el progreso tecnológico.	11
2. Capítulo II.- La Robótica.	
2.1. Definiciones.	15
2.2. Tipos de robots y sus aplicaciones.	15
2.3. Impacto socioeconómico.	16
2.4. Antecedentes de la robótica.	19
2.5. Tendencias actuales.	24
3. Capítulo III.- La Industria Manufacturera en México.	
3.1. Antecedentes de la conformación de la estructura de la industria manufacturera en México.	33
3.2. Situación actual de la estructura de la industria manufacturera en México.	35
3.3. Difusión de la tecnología robótica en los procesos productivos.	46
4. Conclusiones.	52
5. Glosario.	54
6. Anexo estadístico.	58
7. Protocolo de investigación	66
8. Bibliografía.	70

Introducción

La dinámica excluyente de la competencia capitalista se sustenta en el objetivo fundamental de la obtención del máximo beneficio por todos sus participantes, esta es la fuerza principal que impulsa el progreso tecnológico y es este proceso a su vez la condición que permite la reproducción del sistema capitalista mismo y la evolución de la estructura socioeconómica. Los efectos del progreso tecnológico en la estructura socioeconómica son de carácter dual ya que por un lado, revitaliza la actividad económica al permitir la creación de nuevos productos y servicios para los consumidores, nuevos mercados, nuevos métodos de producción, nuevas formas de organización industrial, e incrementa las capacidades productivas de la sociedad; y, por otro lado, este proceso también es origen de conflicto social ya que al estar determinado por la dinámica excluyente de la competencia capitalista implica la destrucción de las partes del tejido socioeconómico que se vuelven obsoletas por el propio proceso tecnológico como resultado de la creciente acumulación de capital que esto requiere y por la incesante transformación de los requerimientos de habilidades y conocimientos que demanda el uso y desarrollo de nuevas tecnologías. Estas imperfecciones del mercado exigen la intervención del Estado a través de políticas públicas que impongan la racionalidad del bienestar social en el proceso.

Esto es especialmente evidente en el caso de la tecnología robótica. La intención de esta tecnología es hacer más competitivas a las empresas a través de la automatización de sus procesos productivos reemplazando la intervención de la mano de obra humana. En la actualidad, el uso de robots en los procesos productivos de las manufacturas es económicamente más eficiente que el trabajo humano en aquellas tareas y actividades específicas en las que se inserta, ya que sus cualidades técnicas permiten reducir los costos de producción, elevar los niveles de calidad e incrementar la productividad hasta niveles sin precedentes, y si consideramos las tendencias mundiales relacionadas con el aceleramiento de su uso y desarrollo, esta tecnología muestra un claro potencial para transformar profundamente las condiciones de producción, los procesos productivos mismos e inclusive podría ser el elemento que determine en el largo plazo la reubicación geográfica de los polos de producción mundial de manufacturas implicando con ello la reconfiguración de la división internacional del trabajo.

Por tanto, el *objetivo general* del presente ensayo es el esbozar las perspectivas de largo plazo para la industria manufacturera en México ante la evolución de las tendencias mundiales actuales relacionadas con la tecnología robótica y como resultado de la postura que asuma el Estado mexicano frente a dichas tendencias. De manera particular a lo largo de este ensayo interesa cumplir con cuatro objetivos específicos derivados del objetivo general: el primer *objetivo específico* es el brindar un marco teórico que describa a grandes rasgos la importancia que reviste el progreso tecnológico en la consecución del objetivo de la dinámica de la competencia capitalista y en la reproducción y evolución del sistema, así como un esbozo de las consecuencias generales de este proceso para la estructura socioeconómica y del conflicto social derivado de esto, y una abstracción del que debería ser el papel del Estado ante dicho proceso. Estos temas se abordarán en el primer capítulo y sus fuentes de información principales encuentran en autores como Joseph Schumpeter,¹ Robert U. Ayres,² Carlota Pérez³ y José Ayala⁴; el *segundo objetivo específico* es el señalar algunos de los principales usos y aplicaciones actuales de la tecnología robótica, así como descripciones generales de sus principales cualidades técnicas y del impacto socioeconómico de su aplicación en los procesos productivos; el *tercer objetivo específico* es el reseñar brevemente lo que consideramos como las tendencias mundiales actuales más significativas relacionadas con la

¹ Schumpeter, Joseph A. (1950), *Capitalismo, Socialismo y Democracia, Tomo I*, Ed. ORBIS, España: 1983.

² Ayres, Robert U. (1984), *La Próxima Revolución Industrial*, Ed. Gernika, México: 1987.

³ Pérez, Carlota (1986), "Las Nuevas Tecnologías: Una visión de conjunto," en Carlos Ominami (ed.) *LA TERCERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL: Impactos internacionales del actual viraje tecnológico*, RIAL – Anuario 1986, Grupo Editor Latinoamericano, p.p. 43-89.

⁴ Ayala, José (1995), *Mercado, Elección Pública e Instituciones: Una Revisión de las Teorías Modernas del Estado (Borrador)*, Facultad de Economía, U.N.A.M., México.

tecnología robótica e inferir sus posibles repercusiones en el largo plazo para la configuración de la división internacional del trabajo. Durante el desarrollo del segundo capítulo se intentará cumplir simultáneamente con el segundo y tercer objetivo específico y para ello nuestras fuentes de información principales se encuentran en autores como Robert U. Ayres y Steven M. Miller,⁵ Antonio Barrientos y Carlos Balaguer,⁶ Carlos Tello y Jorge Ibarra,⁷ entre otros; finalmente, el *cuarto objetivo específico* es delinear a grandes rasgos algunas de las características de la estructura actual de la industria manufacturera en México que contribuyan a dimensionar las posibles implicaciones de largo plazo del desenvolvimiento de las tendencias mundiales actuales de la tecnología robótica para este sector, así como sustentar nuestras observaciones sobre cuál debería ser el rumbo general que tomen las acciones del Estado mexicano en anticipación y respuesta a dichas tendencias. Este objetivo se desarrollará en el tercer capítulo y se sustenta en investigaciones sobre la industria manufacturera en México realizadas previamente por autores como Juan C. Moreno-Brid, Jesús Santamaría y Juan C. Rivas V.,⁸ Enrique Dussel P.,⁹ y Abelardo Mariña F.¹⁰

Finalmente, presentamos nuestras conclusiones, el glosario, el anexo estadístico, el protocolo de investigación y las referencias bibliográficas.

Cabe aclarar, que por cuestiones de exposición, los temas aquí tratados han de ser abordados de la forma más puntual y breve posible, procurando no demeritar su rigor metodológico. Esto se explica en razón de los temas mismos, ya que de manera independiente, todos y cada uno de ellos pueden ser causa de una extensa investigación, rebasando así, la intención y objetivo del presente ensayo.

⁵ AYRES, Robert U. y Steven M. Miller: (1983), *Robotics: Applications and social implications*, Ed. Ballinger Publishing Company, Cambridge, Massachusetts, EE.UU; (1985), "Socioeconomic Impacts of Industrial Robots: An Overview," en Shimon Y. Nof (ed.) *Handbook of Industrial Robotics*, Ed. John Wiley & Sons, EE.UU., p.p. 467-496.

⁶ BARRIENTOS Antonio y Carlos Balaguer (1996), *Fundamentos de robótica*, Ed. McGraw-Hill Interamericana de España, España.

⁷ TELLO, Carlos y Jorge Ibarra (2012), *La Revolución de los Ricos*, Facultad de Economía, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, D.F., México.

⁸ MORENO-BRID, Juan C., Jesús Santamaría y Juan C. Rivas V. (2005), "Manufactura y TLCAN: un camino de luces y sombras," en Urías Brambila Homero (ed.) *Economía UNAM*, vol. 3, núm. 8, Ed. Facultad de Economía, U.N.A.M., México.

⁹ DUSSEL P., Enrique (2011), "La manufactura en México: condiciones y propuestas en el corto, mediano y largo plazo," en José Luis Calva (ed.) *Nueva política de industrialización*, vol. 7 de Análisis Estratégico para el Desarrollo, Juan Pablos Editor/Consejo Nacional Universitario, México.

¹⁰ MARIÑA, Abelardo (2004), "Balance y perspectivas de la industria manufacturera mexicana tras veinte años de reestructuración neoliberal: Integración subordinada a Estados Unidos, desindustrialización y precarización del empleo," en *IX Jornadas de economía crítica sobre perspectivas del capitalismo a escala mundial: ¿más destrucción económica y más regresión social?*, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad Complutense, Madrid, España, 25-27 de marzo de 2004.

Capítulo I. Marco Teórico

1.1. La Tecnología

A pesar de que la tecnología es omnipresente en la sociedad actual, no es ocioso preguntarse: ¿Qué es tecnología? De acuerdo con Norma Álvarez “[...] significa “un quantum de conocimiento” e implica la aplicación de este conocimiento -científico, empírico y de destrezas técnicas- al arreglo, operación, mejoría y expansión de instalaciones productivas”.¹¹ Es claro que esta definición de tecnología está enfocada principalmente a su uso en la esfera económica de la producción y sus repercusiones en los procesos productivos. Sin embargo, a pesar de que así expresado este concepto sería suficiente para establecer el primer eslabón en la cadena del proceso explicativo del tema que nos ocupa, consideramos necesario recurrir a una definición ampliada que refleje el carácter universal de la tecnología en la sociedad moderna. En ese sentido, la tecnología:

[...] es la ciencia de las artes industriales; las abarca todas, comprende cuanto el hombre ejecuta con sus manos o con los instrumentos o con máquinas que ha inventado; tiene relación con la mayor parte de nuestras necesidades y caprichos: Las ciencias, base de todos los adelantos humanos; los oficios que nos alimentan o preparan nuestros vestidos; las fabricaciones que construyen nuestras viviendas y los muebles y utensilios de que nos servimos continuamente y hasta aquello con que nos divertimos constituye el objeto de la tecnología, por lo cual cada ciencia, cada arte y cada industria tiene que hacer uso de aparatos, de instrumentos, de procedimientos y de operaciones especiales que requieren un lenguaje especial también, palabras llamadas técnicas y estos conocimientos, así como las voces que hay que inventar para dar a conocer estas innovaciones, es lo que en rigor constituye la TECNOLOGÍA, o tratado de voces y procedimientos técnicos, tomada con exactitud etimológica.¹²

La tecnología ha acompañado al hombre desde su modesto origen. La tecnología nos define como especie, nos hace lo que somos y a la vez nos transforma. En la tecnología está la clave de nuestra supervivencia como especie o bien una probable causa de nuestra eventual extinción. La tecnología está presente, de alguna manera, en toda actividad económica.

1.2. La importancia del progreso tecnológico

El progreso tecnológico implica mejora, perfeccionamiento, avance, innovación, con relación al estado tecnológico existente. Su importancia queda de manifiesto al recuperar los planteamientos de los autores que abordaron el tema con anterioridad. La referencia obligada es Schumpeter,¹³ ya que él fue uno de los primeros economistas en poner énfasis en el proceso de innovación tecnológica como fuente principal del crecimiento económico. Su planteamiento abrió la puerta para investigaciones posteriores que intentaron confirmarlo. En ese sentido, de acuerdo con Ayres,¹⁴ Solow¹⁵ realizó una serie de análisis empíricos para explicar las causas del crecimiento del Producto Nacional Bruto¹⁶ de Estados Unidos en el periodo de 1880 a 1940, y sugirió, en concordancia con la postura de Schumpeter, que era indispensable considerar el factor “progreso tecnológico” como una variable explicativa de los modelos económicos a fin de que estos sirvieran como una mejor representación del proceso. Siguiendo la exposición de Ayres, posteriormente, Denison¹⁷ llevo a cabo una serie de amplios análisis sobre las múltiples causas del crecimiento

¹¹ Álvarez, Norma (1989), *Tecnología e industria en el futuro de México: Alternativas para el futuro*, Centro de Investigación para el Desarrollo, A.C., Ed. Diana, México, p. 22.

¹² Rojas G., Antonio (1960), *Tecnología para economistas*, Bufete de Economía Industrial, p. 7.

¹³ Schumpeter, Joseph A. (1950), *op. cit.*

¹⁴ Ayres, Robert U. (1984), *op. cit.*, p.p. 104-105.

¹⁵ Solow, R. (1957), *Technical Change and the Aggregate Production Function*, Review of Economics and Statistics (August).

¹⁶ El Producto Nacional Bruto de un país se define como el valor de todos los bienes y servicios finales producidos por sus factores de producción y vendidos en el mercado durante un periodo de tiempo dado, generalmente un año. Se excluye a los extranjeros trabajando en el país y se incluye a los nacionales trabajando en el extranjero.

¹⁷ Ayres citas tres obras del autor, a saber: Denison, Edward F. (1962), “The Sources of Economic Growth in the United States and the Alternatives before Us”, *Supplementary Paper no. 13*, Committee for Economic Development, New York; Denison, Edward F.

económico, concluyendo que si bien es cierto que existen otros factores claves de cambio, la evidencia le hizo otorgarle el carácter de fuerza dominante a la tecnología para la explicación de ese fenómeno, confirmando, de esta forma, las conjeturas de Solow.

Entonces, desde un punto de vista puramente enfocado a sus efectos sobre los procesos productivos, existe una relación directa entre el progreso tecnológico y el crecimiento económico. Esta relación se entiende mejor si recurrimos a la explicación, si bien puntual, de que:

[...] la tecnología puede contribuir al crecimiento económico incrementando la utilidad de los recursos disponibles, por ejemplo, aumentando la cantidad de tierra disponible o mejorando el uso posible de materias primas, antes consideradas inútiles. La tecnología también contribuye al desarrollo a través de la elevación de la productividad mediante el uso de una mejor maquinaria, la organización de la producción y la administración de los recursos.¹⁸

Sin embargo, el progreso tecnológico representa mucho más que la sola contribución al crecimiento económico por el predecible incremento de las posibilidades productivas de la sociedad. La tecnología, además, ejerce influencia sobre la determinación de la naturaleza del orden socioeconómico, esto debido a que el progreso tecnológico encarna una potencial fuerza transformadora de las condiciones generales efectivas bajo las cuales la sociedad se organiza, produce, consume y acumula la riqueza generada en el proceso económico. Marx y Engels, citados por Heilbroner,¹⁹ escribieron a este respecto que: “Al adquirir nuevas formas productivas, los hombres cambian su modo de producción, y al cambiar su modo de producción, cambian su forma de vivir, cambian todas sus relaciones sociales”.²⁰ Esta cita cobra una mayor relevancia si consideramos que la validez de esa idea se ha mantenido a través del tiempo, de acuerdo a los resultados de las investigaciones de autores modernos como Robert Ayres quien afirma que: “[...] una de las fuerzas más importantes de los cambios históricos [...] ha sido el cambio tecnológico. [...] Desde el siglo dieciocho ha estado claro el predominio de la innovación tecnológica como una fuerza directriz del cambio económico, político y social”.²¹

El progreso tecnológico y la división internacional del trabajo

Un claro ejemplo de esta capacidad transformadora de la estructura socioeconómica que le es propia al progreso tecnológico se evidencia a través de los cambios que han acontecido durante el siglo pasado en la esfera productiva y sus repercusiones en la *división internacional del trabajo*,²² la cual en su forma “clásica”, implicaba la división de la producción a nivel global entre “algunos países industrializados, productores esencialmente de bienes de capital y bienes de consumo”,²³ y entre el resto de los países subdesarrollados que participaban “esencialmente como suministradores de materias primas”,²⁴ para que a partir de la década de 1970, y como una tendencia generalizada, le diera paso a su forma actual,²⁵ la cual implicó una transformación profunda de la organización de la actividad económica a nivel internacional, manifestada

(1967), *Why Growth Rates Differ*, Washington D.C.: Brookings Institution; Denison, Edward F. (1979), *Accounting for Slower Economic Growth*, Washington D.C.: Brookings Institution.

¹⁸ Álvarez, Norma (1989), *op. cit.*, p. 26.

¹⁹ Heilbroner, Robert L. (1967), “¿Son las máquinas el motor de la historia?”, en Merrit Roe Smith y Leo Marx (eds.) *Historia y determinismo tecnológico*, Ed. Alianza Editorial, México: 1996, p. 75.

²⁰ Marx, Karl y Frederick Engels (1845-1846), *La Ideología Alemana*, Londres: 1942, p. 18. (Publicado originalmente en URSS, por el Instituto Marx-Engels bajo la dirección de David Riazanov, en 1932).

²¹ Ayres, Robert U. (1984), *op. cit.*, p. 101.

²² Entendida esta como la especialización de los diferentes países en la producción de determinados bienes y servicios, en: Romero, Alberto (2002), *Globalización y pobreza*, Ed. Unariño, Colombia, p. 37.

²³ Fröbel, Folker, Jürgen Heinrich y Otto Kreye (1977), *La nueva división internacional del trabajo: Para estructural en los países industrializados e industrialización de los países en desarrollo*, Ed. Siglo Veintiuno, México: 1981, p. 50.

²⁴ Fröbel, Folker, Jürgen Heinrich y Otto Kreye (1977), *op. cit.*, p. 50.

²⁵ En el siguiente capítulo se ahondara en las causas que originaron esta transformación cuando desarrollemos el tema de las causas que inicialmente impulsaron el despegue de la industria de la robótica.

principalmente en el desplazamiento de gran parte de las operaciones manufactureras hacia los países subdesarrollados con el objetivo utilizarlos como plataformas de exportación por la ventaja que representaba su abundante y barata mano de obra. Esta tendencia en los hechos ha determinado que los procesos productivos se encuentren altamente fragmentados “en producciones parciales en diferentes centros a nivel mundial”,²⁶ y consecuentemente predomina “[...] la especialización en la producción de partes y componentes que son utilizados para el ensamblaje final del producto en un tercer país”,²⁷ sin que ello represente una variación radical en el control real de la producción y del comercio mundiales por parte de las corporaciones multinacionales de las grandes potencias.

Debe reconocerse que esto no hubiera sido posible sin un sustento tecnológico adecuado, el cual fue conseguido por la tendencia al refinamiento de la tecnología aplicada en los diversos procesos productivos, orientada en primer lugar, a permitir “[...] descomponer los procesos de producción complejos en unidades elementales hasta el punto de que incluso una fuerza de trabajo no cualificada puede ser adaptada, sin dificultades y en un corto período de tiempo, para realizar las tareas fragmentadas”,²⁸ y en segundo lugar, a permitir “[...] que la elección de emplazamientos para la producción industrial, y su dirección, dependan cada vez menos de las distancias geográficas”.²⁹ Por tanto, de manera general, la configuración actual de la división internacional del trabajo no sería posible de no haber ocurrido las constantes mejoras e innovaciones en los procesos productivos, y en los sistemas de transportes y de comunicaciones que han creado la posibilidad de que en muchos casos pueda efectuarse la producción total o parcial de los bienes en cualquier lugar del mundo.

Luego entonces, no es osado afirmar que la tecnología y su progreso condicionan el actuar de los *agentes económicos*. De acuerdo a la tecnología existente los *productores de bienes y servicios* responden a las preguntas fundamentales de ¿qué producir?, ¿para quién producir?, ¿cómo producir?, ¿con qué producir?, ¿cuándo producir?, ¿dónde producir? y ¿cuánto producir?; por otra parte, los *gobiernos* definen, en última instancia, sus relaciones de poder e influencia en relación a la situación de su estado tecnológico en aplicaciones bélicas; además, la tecnología modifica los patrones de consumo, las formas de interacción y de comunicación de la *población*. Adicionalmente, la tecnología también ejerce su influencia en algo tan importante como lo es el medio de intercambio del sistema económico, el *dinero*, ya que la tecnología determina la forma, velocidad y frecuencia a la que se realizan las transacciones económicas. Visto así, en conjunto, la sociedad moderna y el sistema económico capitalista dependen del uso y progreso de la tecnología para funcionar y seguir evolucionando.

Por tanto, sin desdeñar la importancia relativa de otras causas que impulsan transformaciones en la sociedad y que nos ha proporcionado la evidencia histórica, podemos afirmar que, al menos en la historia reciente, y en el contexto del sistema económico capitalista, existe un cierto grado de determinismo tecnológico en el trayecto de la evolución socioeconómica del hombre.

1.3. Las formas del progreso tecnológico

Entendido como un proceso, el progreso tecnológico no cesa, sino que se acelera, y sin embargo, no es homogéneo ni uniforme, sino que asume diversas representaciones.³⁰ No obstante el universo de formas que puede adoptar el progreso tecnológico, nosotros nos apegaremos al agrupamiento de estas en las categorías de *innovaciones incrementales* e *innovaciones*

²⁶ Fröbel, Folker, Jürgen Heinrich y Otto Kreye (1977), *op. cit.*, p. 51.

²⁷ Romero, Alberto (2002), *op. cit.*, p. 18.

²⁸ Fröbel, Folker, Jürgen Heinrich y Otto Kreye (1977), *op. cit.*, p. 40.

²⁹ Fröbel, Folker, Jürgen Heinrich y Otto Kreye (1977), *op. cit.*, p. 41.

³⁰ Un ejemplo de esto lo proporciona Álvarez, ella identifica 5 formas que puede adoptar el cambio tecnológico, en: Álvarez, Norma (1989), *op. cit.*, p. 23.

radicales.³¹ En primer lugar tenemos las innovaciones incrementales, las cuales “[...] son las mejoras sucesivas a las que son sometidos todos los productos y procesos”.³² Este tipo de innovaciones sustentan “[...] Los aumentos en la eficiencia técnica, la productividad y la precisión en los procesos, los cambios en los productos para elevar su calidad o reducir su costo o ampliar la gama de sus posibles usos”.³³ Está implícito que el objetivo de estas innovaciones es el mejorar la posición competitiva de las industrias donde son asimiladas.

Ahora bien, en segundo lugar tenemos las innovaciones radicales, las cuales “[...] consisten en la introducción de un producto o proceso verdaderamente nuevo”.³⁴ Y por consiguiente, con el potencial de inaugurar una línea de actividad económica completamente nueva, que afecte de manera directa e indirecta todas las ramas de la economía. Evidentemente, ambos conjuntos de manifestaciones del progreso tecnológico son importantes en sí mismos, sin embargo, son las innovaciones que componen el segundo grupo citado las que representan la mayor fuerza transformadora del sistema económico, ya que una innovación radical “[...] es por definición una ruptura capaz de iniciar un rumbo tecnológico nuevo”.³⁵ Por tanto, con la capacidad de cambiar de manera irreversible el orden socioeconómico.

Cabe señalar que en este punto no entraremos en especificidades de los indudables efectos que las innovaciones tecnológicas ejercen sobre el empleo, en el entendido de que esto estará en función de las particularidades mismas de cada tecnología analizada, de la forma específica en la se inserta en los procesos productivos, de la madurez de la industria, etc., y por tanto, se rebasa la intención de este capítulo de servir como un marco general de referencia.

1.4. Las causas del progreso tecnológico

Sin hacer un gran esfuerzo reflexivo, lo que se nos aparece como causa obvia del progreso tecnológico son las inversiones en investigación y desarrollo con objetivos definidos y explícitos. No obstante, aceptar esto como causa absoluta sería incurrir en un error de simplificación, ya que por sí mismo, esto no explica nada del importante proceso económico-social subyacente.

A nuestro entender, existen dos causas interrelacionadas que consideramos representan la verdadera fuerza impulsora de este proceso. Tenemos, por un lado, la presión que ejercen las fuerzas sociales, o bien, la demanda social, y por otro, la dinámica de la competencia capitalista y los ciclos económicos.

La demanda social

Con relación a la primer causa, Heilbroner,³⁶ Ayres³⁷ y Pérez³⁸ concuerdan en que la evolución tecnológica no es un hecho espontaneo, sino que tiene como fundamento la existencia previa de una necesidad social, es decir, una demanda social³⁹ que se modifica al ritmo en que cambia la sociedad misma, impulsando y modelando la dirección del desarrollo tecnológico. Esta afirmación no invalida, sino que complementa, nuestro planteamiento anterior sobre la importancia del progreso tecnológico como promotor de la transformación de la dinámica social, ya que debe

³¹ También conocidas como *innovaciones de proceso* e *innovaciones de producto* en: Rodríguez Cortezo, Jesús (1997), *Tecnología e Industria: Realidades alcanzables*, Ed. ESIC, México, p. 43.

³² Pérez, Carlota (1986), *op. cit.*, p. 45.

³³ Pérez, Carlota (1986), *op. cit.*, p. 45.

³⁴ Pérez, Carlota (1986), *op. cit.*, p. 46.

³⁵ Pérez, Carlota (1986), *op. cit.*, p. 46.

³⁶ Heilbroner, Robert L. (1967), *op. cit.*, p.p. 78-79.

³⁷ Ayres, Robert U. (1984), *op. cit.*, p.p. 112-116.

³⁸ Pérez, Carlota (1986), *op. cit.*, p. 44.

³⁹ Determinada por las condiciones de entorno, sociales, organizativas, productivas, financieras, etc.

entenderse que este es un proceso recíproco dado que “[...] la tecnología [...] no solo influye en la sociedad, sino que también es influida por ella”.⁴⁰ Esto en razón de que el progreso no puede ocurrir sin la intervención de la mano del hombre, y a su vez, la sociedad no puede evolucionar, al menos desde el punto de vista socioeconómico, sin un sustento tecnológico.

Ahora bien, la demanda social condiciona que el proceso del progreso tecnológico recorra tres fases secuenciales, a saber, la *invención*, la *innovación* y la *difusión*.⁴¹ El proceso que media entre la aparición de una determinada invención y su integración plena a un sistema social de producción, o bien, su difusión, está sujeto a múltiples determinaciones. En síntesis, tenemos que es la demanda social la que determina, en primer lugar, la aparición de nuevas invenciones y sus usos, posteriormente, cuáles de ellas se introducen como mejoras en los procesos productivos o como bienes y servicios innovadores, y en última instancia, cuáles han de superar la etapa anterior y llegan a difundirse a escala masiva hasta convertirse en un fenómeno económico-social que retroalimenta el proceso. En este sentido, existen multitud de ejemplos donde importantes inventos y descubrimientos fueron realizados simultánea e independientemente por más de una persona.⁴² La lógica indica que esto solo se puede explicar si consideramos que existían limitaciones en la tecnología existente o necesidades no satisfechas, situaciones que fueron identificadas por varios individuos que independientemente buscaron una solución para cada una de ellas. No obstante, el puro acontecimiento de la invención no garantiza que determinada innovación tecnológica sea aceptada en forma generalizada por la sociedad, es la dinámica del mercado la que decide si esta fracasa, si desaparece por un largo tiempo o para siempre, o en contraposición, si tiene éxito y es asimilada.⁴³

La competencia y los ciclos económicos

Para adentrarnos en la explicación de la segunda causa subyacente que impulsa el progreso tecnológico podemos iniciar con una cita extraída de la prolífica contribución de Marx y Engels al entendimiento de la dinámica del sistema económico capitalista, en la cual afirmaban que: “La burguesía no puede existir sino a condición de revolucionar incesantemente los instrumentos de producción y, por consiguiente, las relaciones de producción, y con ello todas las relaciones sociales”.⁴⁴ Puede apreciarse, que no obstante las condiciones sociales existentes y el grado de desarrollo del capitalismo en el contexto histórico en el que publicaron sus reflexiones, ya se les presentaba, como algo evidente, la dependencia manifiesta de este sistema económico del progreso tecnológico para lograr su reproducción y transformación. Más aún, sus palabras pueden ser retomadas como sustento para afirmar que existe un ciclo imbuido en la relación que describen.

En ese sentido, si bien es un hecho comprobado que desde su origen el sistema económico capitalista está inmerso en un ciclo perpetuo que comprende periodos de expansión, auge, recesión y crisis, la relación que tiene este fenómeno con el progreso tecnológico solo se ha revelado hasta bien entrado el siglo XX. De acuerdo con Ayres,⁴⁵ uno de los primeros economistas que identificó este patrón fue Kondratiev,⁴⁶ él propugnaba la existencia de ondas largas⁴⁷ de fluctuación de la economía que abarcaban periodos de aproximadamente 50 años, sin embargo, no ofreció una explicación teórica seria para este fenómeno. Posteriormente, Schumpeter retomó las ideas de Kondratiev y relacionó la ocurrencia de estas fluctuaciones con el progreso

⁴⁰ Heilbroner, Robert L. (1967), *op. cit.*, p. 79.

⁴¹ Pérez, Carlota (1986), *op. cit.*, p. 44.

⁴² Ayres, Robert U. (1984), *op. cit.*, p. 112.

⁴³ Pérez, Carlota (1986), *op. cit.*, p. 44.

⁴⁴ Marx, Karl y Frederick Engels (1848), *Manifiesto del Partido Comunista*, Ed. Progreso, Moscú: 1981, p. 31.

⁴⁵ Ayres, Robert U. (1984), *op. cit.*, p. 117.

⁴⁶ Kondratiev, Nicolai (1935), “The Long Waves in Economic Life,” *Review of Economics and Statistics*: Noviembre.

⁴⁷ También conocidos como ciclos largos, superciclos o ciclos de Kondratiev.

tecnológico. Él sostuvo que cada una de estas ondas comprende una “revolución industrial”⁴⁸ y la asimilación de sus efectos,⁴⁹ y afirmo que:

Estas revoluciones modifican, periódicamente, la estructura industrial por la introducción de nuevos métodos de producción, [...] nuevas mercancías, [...] nuevas formas de organización, [...] nuevas fuentes de suministro, nuevas rutas comerciales y nuevos mercados para vender, etc. Este proceso de cambio industrial proporciona un impulso fundamental que da la tónica general a la economía; mientras estas cosas se están iniciando, tenemos una rápida expansión y una “prosperidad” predominante [...] pero, al mismo tiempo que estas cosas se completan y fluyen sus resultados, presenciamos una eliminación de los elementos anticuados de la estructura industrial y una “depresión” predominante.⁵⁰

Al Interpretar esta cita resulta claro que Schumpeter tuvo la sagacidad de identificar los aspectos fundamentales del papel de la tecnología en la explicación de los ciclos largos y su consecuente predominio sobre la evolución de la estructura socioeconómica. Podemos afirmar lo anterior en razón de que, por un lado, el progreso tecnológico ejerce un influjo decisivo en el inicio de la fase expansiva, la cual “[...] se caracteriza por la constante incorporación de los productos al mercado y la creación de empresas asociadas a los mismos, o, de otro modo, en la materialización de innovaciones que se convierten en actividad industrial”.⁵¹ Y por otro lado, este proceso a su vez tiene consecuencias dramáticas ya que emparejada a esta dinámica renovadora acontece también la destrucción de elementos de la estructura económica que se manifiestan como obsoletos a causa del nuevo paradigma tecnológico, lo que Schumpeter identifico como *destrucción creadora*,⁵² fenómeno que incluso puede dejar sentir su efecto en “[...] las instituciones y [...] las políticas que guiaron el desarrollo en el paradigma anterior”.⁵³

La validación de las conjeturas de Schumpeter sobre la teoría de los ciclos requería que se realizarán investigaciones empíricas que confirmaran el vínculo de estas fluctuaciones con la tecnología. Por tanto, el rumbo lógico del desarrollo de esta teoría se dirigió hacia la identificación y agrupamiento, por periodos de tiempo, de las principales innovaciones tecnológicas que han ocurrido en la historia reciente, así como el análisis de las características del contexto histórico en el que se presentaron. En ese sentido, Ayres⁵⁴ nos dice que una contribución importante puede adjudicarse a Mensch⁵⁵ quien presento evidencia que sugiere una coincidencia histórica entre las fases de depresión económica del ciclo largo y el surgimiento de las principales innovaciones tecnológicas que han contribuido a la transformación del sistema socioeconómico.⁵⁶ Esto apunta a la hipótesis de que la aparición de lo que previamente identificamos como innovaciones radicales se encuentran inversamente relacionadas con el nivel de actividad económica, es decir, es durante la fase descendente de los ciclos largos cuando es mayor el incentivo para el desarrollo e introducción de innovaciones tecnológicas importantes, por tanto “[...] Estos agrupamientos en particulares “racimos de tecnologías” en las fases depresivas, serán los que proporcionen el

⁴⁸ Las Revoluciones Industriales son procesos históricos altamente complejos. A grandes rasgos podemos afirmar que ocurren por la conjugación de innovaciones radicales que al difundirse en la estructura productiva modifican drásticamente las condiciones generales de existencia de la humanidad, las relaciones de producción, la dinámica social y la estructura económica.

⁴⁹ Schumpeter, Joseph A. (1950), *op. cit.*, p. 102.

⁵⁰ Schumpeter, Joseph A. (1950), *op. cit.*, p.p. 102-103.

⁵¹ Rodríguez C., Jesús (1997), *op. cit.*, p. 50.

⁵² Schumpeter, Joseph A. (1950), *op. cit.*, p.p. 120-121.

⁵³ Arriola, Joaquín (2004), *Conocimiento, tecnología y crecimiento: nuevas recomendaciones estratégicas en una economía globalizada*, Bilbao: Servicio Editorial. Universidad del País Vasco, p. 97.

⁵⁴ Ayres, Robert U. (1984), *op. cit.*, p.p. 118-120.

⁵⁵ Mensch, Gerhard (1979), *Stalemate in Technology*, Cambridge, Mass.: Ballinger Publishing Company.

⁵⁶ Tales como las innovaciones en el proceso del hierro, la energía del vapor y la mecanización de la industria textil del algodón que sustentaron la Primera Revolución Industrial, así como el desplazamiento del hierro al acero como material de ingeniería, la aplicación práctica de la electricidad, el motor de combustión interna (un prerrequisito del automóvil y el avión), y la producción en masa de bienes de consumo (Fordismo) que sustentaron la Segunda Revolución Industrial, en: Ayres, Robert U. (1984), *op. cit.*, p.p. 141-177.

impulso necesario para las posteriores fases de crecimiento”.⁵⁷ Siguiendo la lógica del planteamiento de Mensch, por el contrario, durante la fase ascendente del ciclo, los periodos de relativa prosperidad, no son propicios para el desarrollo e introducción de innovaciones tecnológicas radicales.

Considerando lo anteriormente expuesto, en lo general, podemos afirmar que la evolución de los ciclos largos puede interpretarse como la manifestación de los efectos del proceso de transito progresivo de un sistema tecnológico en declive, y la consiguiente adopción paulatina de su reemplazo. Este proceso no puede entenderse sino como una necesidad lógica que exige la dinámica misma de la competencia entre capitalistas. Grosso modo,⁵⁸ las fases descendentes del ciclo reflejan la difusión universal del paradigma tecnológico vigente en los procesos productivos, o bien como productos y servicios, manifiesta además la saturación del mercado de competidores y la caída generalizada de la tasa de ganancia en las actividades económicas relacionadas con dicha tecnología, que en ese sentido, se exhibe como agotada. Por tanto, las fases descendentes “[...] están marcadas por el endurecimiento de la competencia alrededor de dichas actividades y la incorporación cada vez más intensa de capital a las mismas”.⁵⁹ Ante esto, la racionalidad de la competencia⁶⁰ obliga a que los capitalistas busquen alternativas para la colocación de capitales hacia actividades exitosas con el objetivo de restituir el nivel de la tasa de ganancia, estimulando con ello el desarrollo y adopción de innovaciones tecnológicas. Así, de manera individual y colectiva, los capitalistas se vuelven más propensos a adoptar un paradigma tecnológico nuevo que brinde nuevas oportunidades de inversión en nuevas áreas. Conforme avanza el proceso de difusión de la nueva tecnología, se manifiesta el que por lo general representa su efecto más tangible, a saber, poner al alcance de cada vez más personas una mayor cantidad de bienes y servicios innovadores, o bien, masificando aquellos que el estado tecnológico previo no lo permitía.⁶¹ Esto se traduce en un nuevo respiro para la actividad económica en su conjunto, inaugurando así, nuevas fases de expansión y auge.

Evidentemente, la temprana adopción de las innovaciones tecnológicas por capitalistas pioneros solo es posible bajo la condición de una previa acumulación de capital, y esto les permite una dominación temporal de los nuevos procesos, productos y servicios relacionados con dichos progresos tecnológicos, con lo que obtienen una ventaja momentánea sobre los competidores en el mercado, y que se manifiesta, en términos reales, en una mayor tasa de ganancia. Esta situación propicia nuevamente, y de manera inevitable, el inicio de la fase recesiva del ciclo. Esto se explica en razón de la constante incorporación de competidores al mercado, quienes buscan, de igual forma, elevar su participación en la obtención de ganancias por medio del acogimiento del nuevo paradigma tecnológico. Conforme esto se desenvuelve, los capitalistas se ven inmersos en un proceso implacable de racionalización de la producción orientada a la reducción de costos para mantener el nivel de la tasa de ganancia. Para ello recurren a diversas estrategias, por ejemplo, a través de la modificación de la composición de capital físico y de mano de obra que emplean en los procesos productivos, o inclusive, el traslado físico de la producción a lugares donde el bajo costo de la mano obra brinde una ventaja. Esto continúa hasta que el endurecimiento de la competencia lleva inexorablemente a la saturación de los mercados, y nuevamente, a la caída en la tasa de ganancia, reiniciándose, entonces, el ciclo.

⁵⁷ Arriola, Joaquín (2004), *op. cit.*, p.77.

⁵⁸ El proceso descrito a continuación hace una abstracción de la realidad y se expresa en términos de lo que atañe a la generalidad de la dinámica económica del sistema capitalista. Para profundizar sobre cómo se distribuyen los frutos del progreso técnico en las diversas formas de mercado y cuáles son las consecuencias de las diversas formas de distribución en la ocupación de la mano de obra y en el desarrollo económico en general, puede consultarse a: Sylos L., Paolo (1957), *Oligopolio y progreso técnico*, Ed. Oikos-Tau, España: 1965, p.p. 123-178.

⁵⁹ Rodríguez C., Jesús (1997), *op. cit.*, p. 51.

⁶⁰ De acuerdo con Phelps, una elección racional implica aprovechar toda oportunidad que suponga un avance en la consecución de un objetivo [...] siempre que no exija la pérdida de otras oportunidades. Para una profunda explicación del tema puede consultarse: Phelps, Edmund S. (1986), *Economía política: un texto introductorio*, Ed. Antoni Bosch, España, p.p. 37-64.

⁶¹ Sin embargo, no debe olvidarse la naturaleza excluyente del capitalismo, por lo que estos beneficios del progreso solo estarán disponibles para aquellos individuos que puedan pagarlos.

Renovarse o sucumbir, tal es la exigencia que impone la dinámica social detrás del desenvolvimiento del proceso de la competencia encarnizada entre capitalistas, exigencia que configura el ciclo perpetuo de auge y crisis que permite la reproducción y evolución del sistema. Visto de esta manera, el conflicto social que emana de este proceso es una de las causas que justifican la existencia del Estado.

1.5. El Estado y su papel ante el progreso tecnológico

Hasta este punto hemos tratado de definir una serie de conceptos en una secuencia lógica de exposición que permita un mejor entendimiento del actual papel determinante de la dinámica excluyente de la competencia capitalista en el desenvolvimiento del fenómeno del progreso tecnológico y de la importancia que esto reviste para la reproducción del sistema capitalista mismo y para el proceso de evolución de la estructura socioeconómica en el largo plazo. Sin embargo, tal como lo planteamos previamente, el proceso de tránsito de un paradigma tecnológico decadente hacia su reemplazo no está exento de ser origen de conflicto social debido a la naturaleza dual de sus efectos, a saber, su capacidad transformadora y a la vez destructiva del tejido socioeconómico.

Luego entonces, se hace evidente la necesidad de una fuerza mediadora en el proceso del cambio tecnológico, que se ubique por encima de la búsqueda individual del máximo beneficio de los actores involucrados e imponga la racionalidad del bienestar social en el proceso. Tal fuerza la encontramos en el *Estado*, el cual se define como: “[...] una organización e institución dotada de poder, económico y político, para imponer el marco de obligaciones, regulaciones y restricciones a la vida social y al intercambio económico”.⁶² Su poder, emanado de las necesidades de la sociedad misma solo puede entenderse tras la aceptación de la idea de que: “[...] dado que los individuos tienen diversas preferencias, el llegar a un acuerdo social es un proceso complejo y contradictorio”.⁶³

Así, la diversidad y contraposición de los intereses individuales de los participantes del sistema económico aparecen como causa primordial del conflicto social.⁶⁴ Por tanto, *los objetivos del Estado* deben orientarse a la coordinación de los diversos agentes económicos en el aprovechamiento eficiente de los recursos disponibles, en propiciar la distribución socialmente justa del ingreso y en la estabilización de la economía,⁶⁵ todo ello, de manera tal que se garantice que la sociedad en general pueda alcanzar el bienestar.⁶⁶

El sustento que permite al Estado lograr estos objetivos se encuentra en la *Economía Pública*, que en ese sentido, comprende una serie de mecanismos a través de los cuales obtiene los recursos de la sociedad que le son necesarios para garantizar la mediación del conflicto social. Asimismo, las herramientas de que dispone el Estado para la consecución de sus objetivos son las *Políticas Públicas*, las cuales, idealmente, deben ser concebidas como la instrumentación de las soluciones

⁶² Ayala, José (1995), *op. cit.*, p.14.

⁶³ Ayala, José (1995), *op. cit.*, p.14.

⁶⁴ Reconocemos entonces, en contraposición a los postulados de la teoría económica Neoclásica, que la conducta de los individuos en la búsqueda de la maximización de sus intereses colisiona con los intereses de la sociedad en su conjunto, y por tanto, esto propicia que el mecanismo de mercado falle en aspectos tales como: proveer diversos bienes de interés público; en la distribución justa y equitativa del ingreso; y el hecho de que no necesariamente conduce a niveles altos de empleo, estabilidad en el nivel de precios y una tasa de crecimiento económico socialmente deseados.

⁶⁵ De acuerdo con Musgrave, tales son las tres funciones fiscales que el Estado debe desarrollar, a saber, *función de asignación, función de distribución y función de estabilización*. Para profundizar en el tema léase: Musgrave R., P. (1992), *Hacienda Pública Teórica y Aplicada*, Ed. McGraw-Hill, 5ta. ed., España, p.p. 3-17.

⁶⁶ De esa forma se definió la sustancia del Estado en las discusiones que tuvieron lugar en el contexto del seminario de titulación del que es producto este ensayo.

a los problemas que surgen del conflicto social. En ese sentido, el gobierno cuenta con dos instrumentos para cumplir sus funciones:

[...] el *presupuesto público*, que es un mecanismo de intervención directa en la economía y, las *instituciones públicas* y *leyes económicas*, que son medios indirectos aplicados por el gobierno para fijar las “reglas del juego” en la economía. Por medio de ellos, el gobierno influye en el comportamiento de los agentes económicos, especialmente, en sus decisiones de invertir, ahorrar, trabajar y consumir.⁶⁷

No debe confundirse el concepto de Estado, que en realidad define un ente abstracto,⁶⁸ con el concepto de *Gobierno* ya este último se refiere al conjunto de personas que son las encargadas de llevar a cabo las funciones del Estado. Generalmente los individuos que gobiernan y encarnan el poder político en representación del Estado son elegidos a través de un proceso de elección popular para desempeñar cargos durante un período de tiempo limitado, no obstante, la propia temporalidad de sus cargos determina que sus objetivos y visión sean de corto plazo y frecuentemente estén vinculados a los intereses de los grupos de poder a los que representan.

Dado que el conflicto social se transforma con el tiempo, a la par de los procesos de transformación social, se hace inevitable *la modernización del Estado*, por tanto, la evolución de las Políticas Públicas “[...] involucran cambios institucionales y organizacionales. *i.e.*, cambios en las reglas y en las organizaciones, en respuesta a los cambios en el entorno”.⁶⁹ No obstante, son los gobiernos los que deben llevar a cabo este proceso de modernización. Evidentemente, esta condición limita el alcance efectivo del proceso transformador del Estado por las características propias de la visión de corto plazo bajo la que usualmente desempeñan sus funciones los gobiernos.

Ahora bien, es necesario reconocer que el progreso tecnológico es inevitable. La celeridad con la que avanza este proceso en la actualidad es incomparable con cualquier otra etapa histórica. Así lo ha exigido la dinámica de la competencia entre capitalistas. El mercado ha rebasado los límites de las fronteras imaginarias de las naciones, consecuentemente, las tendencias que impone esta dinámica son de alcance global⁷⁰ y se reconfiguran al ritmo del progreso tecnológico mismo. Esto obliga a que los Estados⁷¹ deban orientar sus Políticas Públicas hacia dos vertientes: en primer lugar, está el fomento de la formación de capital humano con un perfil tal que permita el desarrollo, o en su defecto, la asimilación y la difusión en la estructura productiva de los progresos tecnológicos acordes a dichas tendencias, ya que: “[...] La división internacional del trabajo requiere de conocimientos científicos y técnicos uniformes y especializados para permitir la expansión del capital”.⁷² Por tanto, está implícito que:

El sector privado no actúa en un vacío institucional y sin una infraestructura en el sentido amplio del término, educativa, tecnológica, financiera, física, ambiental y social para toda la economía. Esta infraestructura no puede ser provista por ninguna empresa, ni guiada por las señales del mercado, solo el Estado puede hacerlo.⁷³

⁶⁷ Ayala, José (1995), *op. cit.*, p.29.

⁶⁸ Un objeto abstracto es un objeto que no posee materia, pero sobre el que se pueden definir acciones.

⁶⁹ Ayala, José (1995), *op. cit.*, p.22.

⁷⁰ Es un hecho histórico comprobable que los grupos de poder que más se benefician de este sistema económico cuentan con los mecanismos coercitivos para asegurar que ninguna nación que les represente un interés pueda aislarse de participar en el mercado global.

⁷¹ Considerando las particularidades de sus contextos nacionales.

⁷² Grajales V., Carolina (1988), “Teorías del Estado y Política Científica en México,” en Leonel Corona y Consuelo González (coord.) *ALERTA TECNOLÓGICA PARA EL MÉXICO DEL SIGLO XXI*, Unidades de Política Científica y Tecnológica en México, México, p. 152.

⁷³ Ayala, José (2001), *Economía del Sector Público Mexicano*, Facultad de Economía, U.N.A.M., México, p. 30.

Así, es imperativo el fomento de la formación de capital humano ya que restringir las Políticas Públicas únicamente a la mediación del aspecto económico del conflicto social no haría sino agudizarlo.

En segundo lugar, como lo hemos reiterado continuamente, la naturaleza excluyente de este proceso determina la destrucción de aquellas actividades económicas que desde la lógica de la competencia y su objetivo se vuelven obsoletas a causa del progreso tecnológico. Esto, también es inevitable. Por ello “[...] no tiene, ciertamente, sentido tratar de conservar indefinidamente industrias que van quedando anticuadas; pero si tiene sentido evitar su derrumbamiento estrepitoso e intentar convertir una huida, que puede llegar a ser un centro de efectos depresivos acumulativos, en una retirada ordenada”.⁷⁴

El Estado idealizado, en su carácter de mediador del conflicto social debe adecuar las Políticas Públicas en anticipación, o en su defecto, de forma paralela a la manifestación de los efectos negativos del desenvolvimiento del propio conflicto social y llenar los vacíos que se crean por las interacciones entre el mercado, la sociedad y el Estado mismo, lo cual demandaría, en este caso en particular, que la evolución de las Políticas Públicas sea congruente con el ritmo del progreso tecnológico, y que entre sus objetivos se encuentre el minimizar los efectos destructivos de la dinámica de la competencia capitalista relacionada con dicho proceso. Para ello, el Estado debe ejercer un papel activo y constante en la identificación de aquellos trabajadores, ocupaciones, empresas, o actividades económicas que, desde el punto de vista de la lógica de la competencia capitalista, potencialmente podrían volverse obsoletos por la difusión de determinadas innovaciones tecnológicas en la estructura socioeconómica. El Estado al ser el principal promotor de la organización de la sociedad debe delinear y ejecutar planes para que se brinde capacitación a los trabajadores, de ser el caso, sobre la operación, uso y mantenimiento de las nuevas tecnologías, o asesoría y financiamiento a las empresas para facilitar la asimilación de las innovaciones en los procesos productivos, esto, con el fin de evitar la expulsión descontrolada de agentes económicos del mercado, o bien, en el peor de los casos, el Estado debe proveer alternativas ocupacionales o de oportunidades de negocios para facilitar la reinserción de los agentes en la estructura productiva.

Esto es imperativo en el caso de la robótica, ya que como veremos en el siguiente capítulo sus propias cualidades técnicas y las tendencias mundiales relacionadas con esta tecnología indican que tiene el potencial de transformar de manera radical la organización de los procesos productivos, con un alcance que va desde las empresas individuales que integran la industria manufacturera y que inclusive podría llegar a redefinir los polos de producción mundial de las manufacturas, recomponiendo con ello, la propia División Internacional del Trabajo.

⁷⁴ Schumpeter, Joseph A. (1950), *op. cit.*, p. 129.

Capítulo II. La Robótica

2.1. Definiciones

De acuerdo a la concepción actual, de manera general, un *robot* es una máquina capaz de llevar a cabo una serie compleja de acciones de forma automática, especialmente aquellas programables por una computadora.⁷⁵ En ese sentido, la *robótica* es la rama de la tecnología que se ocupa del diseño, construcción, operación y aplicación de robots⁷⁶ y los sistemas informáticos para su control, retroalimentación sensorial y procesamiento de información. La robótica posee un reconocido carácter multidisciplinario, participando en su desarrollo diversas disciplinas como la ingeniería mecánica, ingeniería eléctrica, ingeniería electrónica, etc., así como una variedad de ciencias, tales como las matemáticas, computacionales, cognitivas, biológicas, sociales y económicas, entre otras.

Si nos apegamos a los tipos de innovación que definimos en el capítulo precedente, no es tan fácil como pudiera parecer determinar si la tecnología de la robótica puede ser considerada exclusivamente como una innovación incremental o una innovación radical. En las empresas donde se inserta esta tecnología puede representar solo una innovación incremental en el sentido de que pueden percibirla únicamente como una herramienta para incrementar la productividad y reducir los costos de sus procesos. No obstante, si consideramos el hecho de que esta tecnología inaugura toda una nueva línea de actividad económica, en la forma de la industria de la robótica, además de su impacto en otras actividades económicas, y dado su potencial para revolucionar las condiciones sociales de producción y modificar la estructura socioeconómica en su conjunto, aspecto que trataremos más adelante, entonces podemos afirmar que la tecnología de la robótica es una innovación radical.

2.2. Tipos de robots y sus aplicaciones

Las aplicaciones prácticas de la robótica se orientan hacia cuatro vertientes,⁷⁷ a saber, los de uso industrial, los que se enfocan a los servicios, los robots de exploración y los que tienen fines militares.

De acuerdo a la Federación Internacional de Robótica (IFR),⁷⁸ un *robot industrial* es un: “Manipulador multipropósito⁷⁹ reprogramable,⁸⁰ automáticamente controlado, programable en tres o más ejes,⁸¹ para uso en aplicaciones de automatización industrial que puede estar fijo en un lugar o en movimiento”. Si interpretamos de manera literal la capacidad multipropósito de los robots industriales que nos indica la definición anterior, esto implicaría que en teoría, este tipo de robots pueden ser aplicados en un número ilimitado de funciones en los procesos productivos. No obstante, la práctica ha demostrado que su introducción es óptima en determinados procesos. De acuerdo con diversos autores (Niku,⁸² Ayres y Miller,⁸³ Barrientos y Balaguer⁸⁴) las principales aplicaciones de los robots industriales son: los trabajos de fundición; soldadura; aplicación de

⁷⁵ Robot (2010), *Oxford Dictionaries*, Oxford University Press, Recuperado el 2 de noviembre de 2012, de: http://oxforddictionaries.com/definition/american_english/robot

⁷⁶ Robotics (2010), *Oxford Dictionaries*, Oxford University Press, Recuperado el 2 de noviembre de 2012, de: http://oxforddictionaries.com/definition/american_english/robotics

⁷⁷ Debemos aclarar que la Federación Internacional de Robótica (IFR) solo reconoce dos tipos de robots, los de uso industrial y los de servicios.

⁷⁸ Definición de acuerdo a la norma ISO 8373, recuperada el 2 de noviembre de 2012, de: <http://www.ifr.org/industrial-robots/>

⁷⁹ Capaz de ser adaptado a diferentes aplicaciones con alteraciones físicas.

⁸⁰ Cuyos movimientos programados o funciones auxiliares pueden ser cambiados sin alteraciones físicas de la estructura mecánica o el sistema de control.

⁸¹ Dirección utilizada para especificar el movimiento del robot en modo lineal o rotativo.

⁸² Niku, Saeed B. (2010), *Introduction to Robotics: Analysis, Control, Applications*, Ed. John Wiley & Sons, 2da. ed., EE.UU., p.p. 19-26.

⁸³ Ayres, Robert U. y Steven M. Miller (1983), *Robotics: Applications and social implications*, Ed. Ballinger Publishing Company, Cambridge, Massachusetts, EE.UU., p.p. 41-42.

⁸⁴ Barrientos Antonio y Carlos Balaguer (1996), *Fundamentos de robótica*, Ed. McGraw-Hill Interamericana de España, España, p.p.293-310.

pintura; aplicación de adhesivos y selladores; alimentación de máquinas; procesado,⁸⁵ corte; montaje (ensamblado); paletización,⁸⁶ tareas de *pick & place*,⁸⁷ medición, inspección y control de calidad; y manipulación en salas blancas.⁸⁸

Por su parte, debido a la multitud de formas, estructuras y áreas de aplicación, los *robots de servicios* son más difíciles de definir, sin embargo, una definición preliminar: “Es un robot que opera de forma parcial o completamente autónoma para realizar servicios útiles para el bienestar de humanos y equipo, excluyendo las operaciones de manufacturas”.⁸⁹ Bajo esta consideración, en esta categoría entrarían, entre otros, los robots aplicados en: cuidados médicos; educación; tareas domésticas; uso en oficinas; agricultura; construcción; preparación de alimentos; mantenimiento de infraestructura; y los de usos recreacionales.

Los *robots de exploración* son aquellos diseñados para: “[...] co-investigar un entorno desconocido de forma remota con un operador humano”.⁹⁰ Las aplicaciones de este tipo de robots permiten explorar y realizar diversas tareas en lugares inaccesibles para el hombre debido a la distancia, las condiciones geográficas y/o ambientales, y los riesgos intrínsecos del lugar, como por ejemplo: el espacio exterior; las profundidades del océano; ambientes radiactivos, de temperaturas extremas o altamente contaminados; y zonas devastadas por desastres naturales o por la intervención humana.

Finalmente, los *robots militares*, como su nombre lo indica, valga la redundancia, son aquellos diseñados para uso en aplicaciones militares. En esta categoría podemos incluir, entre otros a: los vehículos para la detección y desarme de bombas y explosivos; vehículos aéreos no tripulados para operaciones de vigilancia, rastreo, espionaje o bombardeo; vehículos terrestres armados para reconocimiento y ataque; y los robots de carga que pueden desplazarse en una gran variedad de terrenos de forma autónoma.

No debe asumirse que las aplicaciones que hemos listado aquí sean todas las existentes o que son todas por existir, ya que el acelerado progreso en esta tecnología ha permitido introducir robots en una gran cantidad de actividades que no mencionamos, y día con día se conciben y desarrollan nuevas aplicaciones y usos.

2.3. Impacto socioeconómico

El impacto socioeconómico⁹¹ de la introducción de los robots en los procesos productivos debe entenderse desde dos realidades que se contraponen. Por un lado está a la que se enfrentan los empresarios y por otro a la que se enfrentan los trabajadores. Ambas realidades son configuradas irremediabilmente por el objetivo detrás del proceso de competencia capitalista, la maximización de la ganancia.

⁸⁵ Dentro del procesado se incluyen operaciones en las que el robot se enfrenta a piezas y herramientas (transportando una u otra) para conseguir, en general, una modificación en la forma de la pieza.

⁸⁶ La paletización es básicamente un proceso de manipulación, consistente en disponer piezas sobre una plataforma o bandeja (palet).

⁸⁷ La misión de un robot trabajando en un proceso de *pick & place* consiste en recoger piezas de un lugar y depositarlas en otro.

⁸⁸ Son aquellos procesos de manipulación que deben ser realizados en ambientes extremadamente limpios y/o controlados.

⁸⁹ Definición de acuerdo a la Federación Internacional de Robótica, recuperada el 2 de noviembre de 2012, de: <http://www.ifr.org/service-robots/>

⁹⁰ Stubbs, Kristen (2008), *Robot-Proxy Grounding*, Ed. ProQuest, EE.UU., p. 30.

⁹¹ En este apartado abordaremos específicamente aquellos relacionados con el uso de la robótica en la industria manufacturera, sin embargo, las características de esta tecnología posibilitan aplicar este esquema en algunas aplicaciones robóticas en el sector servicios.

Impacto en las empresas

El inevitable proceso excluyente de la competencia entre capitalistas, configurado por su necesidad incesante de garantizar la maximización de la ganancia, obliga a la optimización de las decisiones de inversión de las empresas con relación a la tecnología a emplear para realizar los procesos productivos. Desde este punto de vista, el uso de la tecnología de la robótica representa diversas ventajas económicas sobre el uso de la mano de obra humana en diversos procesos. De acuerdo a diversos autores (Mathia,⁹² Niku,⁹³ Ayres y Miller,⁹⁴ Hedge,⁹⁵ entre otros) estas ventajas se explican en razón de las propias cualidades técnicas de los robots, ya que:

- *Incrementan la productividad*; en numerosas aplicaciones son más rápidos que los seres humanos realizando la misma tarea, pueden procesar múltiples estímulos o tareas simultáneamente⁹⁶ y es posible emplearlos en la producción las 24 horas del día durante muchos días de forma ininterrumpida.
- *Posibilitan el aumento de la calidad y consistencia de los productos*; pueden ser mucho más exactos que los humanos para realizar las mismas tareas,⁹⁷ tienen precisión repetible todo el tiempo,⁹⁸ y sus accesorios y sensores pueden tener capacidades más allá de las de los humanos para la detección de anomalías en la calidad de los productos.
- *Incrementan la eficiencia y flexibilidad en los procesos*; minimizan el desperdicio de las materias primas, además, son reprogramables lo que facilita la modificación de su operación para adaptarse a los cambios necesarios en los procesos planteados por la introducción de nuevos productos y/o las constantes modificaciones a los diseños existentes para simplificar, mejorar o hacer más económico un producto.
- *Disminuyen los riesgos y costos asociados a la realización de determinados procesos productivos*; pueden operar en áreas que son poco agradables para las personas sin la necesidad de contar con comodidades como iluminación, aire acondicionado, ventilación o protección contra el ruido. Asimismo, los robots no experimentan cansancio, fatiga o aburrimiento, y por tanto, su uso elimina la posibilidad de ocurrencia de accidentes por distracciones, permitiendo prescindir del cumplimiento de diversas medidas de seguridad requeridas para garantizar la integridad física de un hombre que realice actividades monótonas y riesgosas. Inclusive, los robots pueden operar en ambientes prácticamente inaccesibles para los seres humanos tales como los de elevada radiactividad, de escasa visibilidad o de obscuridad total, de temperaturas frías o calientes extremas, en las profundidades del océano, e incluso en el espacio exterior, etc.
- *En el largo plazo son más económicos que la mano de obra humana*; si bien es cuantioso el desembolso inicial para insertarlos en los procesos productivos, los robots representan una sola inversión, a la que debe agregarse el costo de su eventual mantenimiento, por tanto, no es necesario el pago continuo de salarios que requiere la mano de obra humana, la cual, generalmente se incrementa de manera anual, adicionalmente, en el empleo de robots no existen costos indirectos asociados tales como planes de pensiones y de seguros, vacaciones, pago durante enfermedad, participación en las utilidades, etc. También debe considerarse la tendencia a la disminución del precio de los robots a través

⁹² Mathia, Karl (2010), *Robotics for Electronics Manufacturing: Principles and Applications in Cleanroom Automation*, Ed. Cambridge University Press, New York, EE.UU., p.p. 6-7.

⁹³ Niku, Saeed B. (2010), *op. cit.*, p. 6.

⁹⁴ Ayres, Robert U. y Steven M. Miller (1983), *op. cit.*, p. 3.

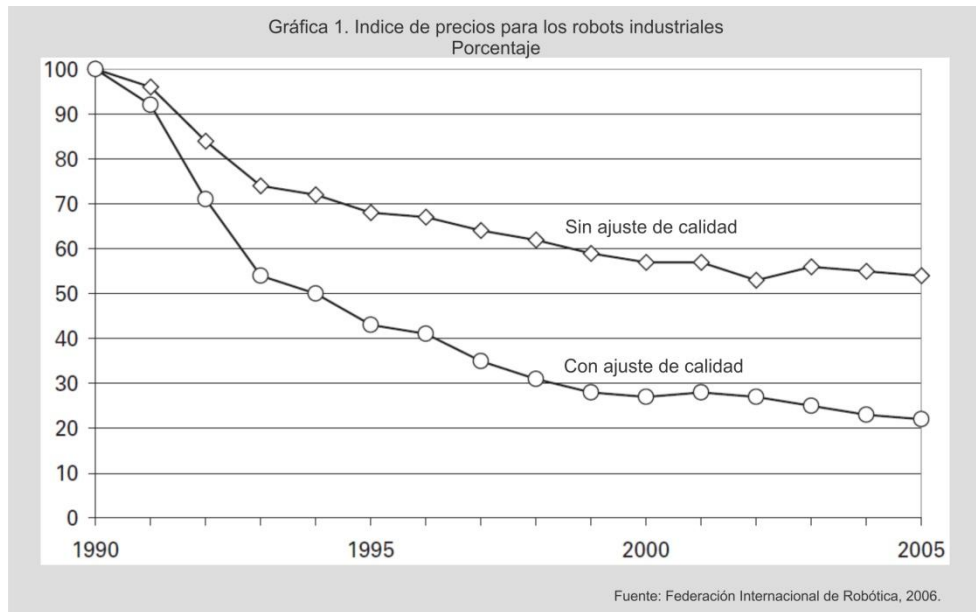
⁹⁵ Hedge, Ganesh S. (2006), *A Textbook of Industrial Robotics*, Ed. Laxmi Publications, India, p. 5.

⁹⁶ Los humanos solo pueden procesar un estímulo activo.

⁹⁷ La precisión lineal típica de un robot está dentro del rango de 1/10,000 de pulgada.

⁹⁸ A menos que algo les ocurra o se desgasten.

de tiempo, situación que enfrenta todo producto en un ambiente altamente competitivo, tal como en el que se desenvuelve la tecnología robótica.



La gráfica anterior muestra la tendencia de los precios de los robots industriales en el periodo que va de 1990 al 2005. Puede apreciarse que sin considerar las mejoras en su calidad, y por tanto, su contribución al incremento la productividad, el precio de los robots ha disminuido un poco más de 40% durante el periodo. Ahora bien, si se toma en cuenta la enorme mejora que ha experimentado el desempeño de los robots, entonces la disminución llega a ser de casi un 80%.

Estas ventajas económicas se acentúan por las tendencias contrapuestas entre el aumento de los costos laborales y el declive en el costo de los robots, por tanto:

A medida que los robots se vuelvan más efectivos en cuanto al costo por sus tareas, y a medida que aumente el costo de la mano de obra humana, habrá más trabajos que se conviertan en candidatos para la automatización robótica. Esta es la tendencia individual más importante que impulsa el crecimiento del mercado de los robots. Una tendencia secundaria es que, haciendo a un lado la economía, a medida que los robots se vuelvan más capaces, podrán hacer más y más tareas que serían peligrosas o imposibles de realizar por los trabajadores humanos.⁹⁹

Impacto en el empleo

Las ventajas que representa para las empresas el uso de los robots sobre la mano de obra humana en los procesos productivos es precisamente lo que determina el impacto de esta tecnología en el empleo. De acuerdo a lo planteado en el punto anterior, los robots son técnicamente superiores a los humanos realizando aquellas tareas y procesos específicos para los que son diseñados, lo que posibilita el *completo reemplazo*¹⁰⁰ de los trabajadores involucrados en dichos procesos.

Resulta complicado establecer una regla general para expresar el número de trabajadores humanos que son reemplazados por cada robot, ya que esto depende de la forma particular en

⁹⁹ Craig, John J. (2006), *Robótica*, Ed. Pearsons Educación, 3era. ed., México, p. 1.

¹⁰⁰ De acuerdo con Senker, el cambio tecnológico no necesariamente crea nuevos empleos o evita la pérdida de empleos, en: Senker, P. (1979), "Social implications of automation," en *Industrial Robot: An International Journal*, Vol. 6, Ed. Lolswold Press, Oxford, Inglaterra, p.p. 59-61.

que se inserta esta tecnología en cada proceso productivo y de las especificidades del mismo. Sin embargo, si recurrimos a un exceso de simplificación y suponemos que la generalidad de los procesos productivos se dividen en tareas realizadas de manera individual en los espacios de trabajo, y si consideramos que generalmente, por limitaciones biológicas y éticas, los seres humanos solo deben laborar un turno por día, podemos afirmar entonces que, *cada robot reemplaza en promedio a 2 o 3 trabajadores*¹⁰¹ en la ejecución de una tarea determinada. Aunque en realidad esta cifra puede ser mucho más alta¹⁰² si consideramos la capacidad multitarea de algunos robots, este burdo ejercicio de simplificación vuelve evidente el hecho de que la tecnología robótica tiene el potencial de reemplazar de forma desproporcionada a la mano de obra humana.

Otro efecto, no menos relevante de la tecnología robótica en el empleo, es que al reemplazar con robots a la maquinaria convencional que se utiliza en los procesos productivos de las industrias, también ocurre un fenómeno transformador en la estructura organizacional de la sociedad misma. Este fenómeno implica una *transformación radical del tipo de trabajo necesario para realizar la producción*. La introducción de los robots favorece la conversión de la necesidad de ocupar mano de obra no calificada o semi-calificada,¹⁰³ que opera de forma directa en los procesos de producción, por la necesidad de ocupar otro tipo de trabajo, altamente especializado, que solo se involucra de manera indirecta en los procesos, realizando tareas de instalación, programación, inspección, resolución de problemas, mantenimiento¹⁰⁴ y desarrollo de los propios robots. En otras palabras, en el caso de la robótica, existe un gran vacío en el nivel de habilidad entre los trabajos que elimina y los que crea.¹⁰⁵

Así, a la par del fenómeno de desplazamiento de trabajadores con escasa preparación, esta tecnología propicia también el crecimiento de la demanda de trabajadores altamente especializados, aunque obviamente, no en la misma proporción a los que desplaza, y por tanto, modifica los patrones de empleo de las empresas y la estructura ocupacional de la fuerza de trabajo. Esto requiere a su vez la modificación del sistema educativo, en sus planes, programas y objetivos, para priorizar la formación del capital humano con el perfil técnico que requiere la industria robotizada.

2.4. Antecedentes de la robótica

Si bien a lo largo de la historia han sido múltiples los intentos de crear máquinas autómatas que recreen las funciones y movimientos de los seres vivos,¹⁰⁶ el origen formal de la palabra robot se remonta a 1921, año en que fue mencionada por primera vez en la obra teatral llamada R.U.R. (Rossum's Universal Robots) del escritor checo Karel Čapek.¹⁰⁷ La trama de la obra discurre acerca de seres orgánicos de apariencia humanoide llamados robots que eran creados por miles con el propósito de realizar el trabajo en sustitución de los hombres hasta que eventualmente estos seres se rebelan, aniquilan a la raza humana y toman el control del mundo. Dada la visión pesimista sobre la evolución de la relación del hombre con la tecnología reflejada en esta obra no

¹⁰¹ Tal es la cifra propuesta por Ayres y Miller en: Ayres, Robert U. y Steven M. Miller (1985), "Socioeconomic Impacts of Industrial Robots: An Overview," en Shimon Y. Nof (ed.) *Handbook of Industrial Robotics*, Ed. John Wiley & Sons, EE.UU., p. 487.

¹⁰² Así por ejemplo, Ominami estima que la cifra de trabajadores reemplazados por la introducción de cada robot oscila entre los 3 y 5, en: Ominami, Carlos (1986), "Tercera Revolución Industrial y Opciones de Desarrollo," en Carlos Ominami (ed.) *LA TERCERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL: Impactos internacionales del actual viraje tecnológico*, RIAL – Anuario 1986, Grupo Editor Latinoamericano, p.p. 24.

¹⁰³ De acuerdo con Ayres y Miller la robotización puede disminuir principalmente las oportunidades de empleo de trabajadores no calificados y semi-calificados, en: Ayres, Robert U. y Steven M. Miller (1985), *op. cit.*, p. 487.

¹⁰⁴ Hedge, Ganesh S. (2006), *op. cit.*, p. 9.

¹⁰⁵ Salvendy, Gavriel (1985), "Human Factors in Planning Robotic Systems," en Shimon Y. Nof (ed.) *Handbook of Industrial Robotics*, Ed. John Wiley & Sons, EE.UU., p. 646.

¹⁰⁶ Puede consultarse una revisión exhaustiva del tema en: Nocks, Lisa (2007), *The Robot: The Life Story of a Technology*, Ed. Greenwood Publishing Group, Connecticut, EE.UU.

¹⁰⁷ Čapek, Karel (1921), *R.U.R.: Rossum's Universal Robots*, Ed. The Echo Library, Inglaterra: 2010.

es coincidencia que para darle nombre a estos seres el autor tomara como referencia las palabras checas *robota* y *robotnik*, que se traducen respectivamente como *trabajo forzado* y *esclavo*. A partir de ahí, la literatura, el cine y los programas de televisión del género de ciencia ficción se encargaron de explorar las posibles implicaciones para la sociedad de la eventual creación de máquinas inteligentes que sustituyeran el trabajo humano.¹⁰⁸ Gracias a estas manifestaciones culturales se popularizó el uso de la palabra robot para referirse a seres mecánicos, autómatas, inteligentes y generalmente de apariencia humanoide.

No obstante, no fue sino hasta el final de la década de los cincuenta cuando la convergencia de ciertas tecnologías desarrolladas durante o después de la Segunda Guerra Mundial¹⁰⁹ permitió dar el primer paso importante para materializar las ideas de la ciencia ficción sobre artífices mecánicos automáticos que realizaran trabajos monótonos, repetitivos y/o peligrosos en reemplazo de un trabajador humano. Así, el primer robot programable de aplicación industrial fue el llamado UNIMATE creado en el año de 1959 por George Devol¹¹⁰ co-fundador de la empresa Unimation. Este robot fue introducido en la línea de ensamblaje de una planta de General Motors (GM) ubicada en la localidad de Ewing Township, Nueva Jersey, en el año de 1961.¹¹¹ Su propósito original en el proceso productivo era el de ser un sistema automatizado para sacar manijas de puerta y otras piezas de automóviles de su molde al rojo vivo para luego depositarlas en piscinas de líquido refrigerante conectadas a una línea de ensamblaje que las movía hacia los trabajadores para que estos las recortaran y pulieran.¹¹² Así, realizando una rudimentaria labor de transportación de piezas en el proceso de fundición este robot primigenio brindó la oportunidad de eliminar la necesidad de que un hombre manipulara piezas de automóvil recién hechas en acero fundido, eliminando con ello los riesgos potenciales asociados a esa actividad, tales como la pérdida de extremidades y la inhalación de vapores tóxicos.



Ilustración 1.- Robot UNIMATE, 1961.

¹⁰⁸ Las obras que hacen alusión a este tema son extraordinariamente abundantes, no obstante, una referencia obligada la encontramos en el prolífico escritor Isaac Asimov, quien resume medio siglo de pensamiento acerca de los robots y de la robótica en: Asimov, Isaac (1990), *Visiones de Robot*, Ed. Random House Mondadori, Barcelona, España: 2012.

¹⁰⁹ Engelberger, uno de los pioneros de la industria de la robótica identifica tres tecnologías esenciales que permitieron el desarrollo del primer robot de uso industrial, a saber, la teoría de los servomecanismos, la computación digital y la electrónica de estado sólido, en: Engelberger, Joseph F. (1985), "Historical Perspective of Industrial Robotics," en Shimon Y. Nof (ed.) *Handbook of Industrial Robotics*, Ed. John Wiley & Sons, EE.UU., p. 6.

¹¹⁰ Mickle, Paul, 1961: *A peep into the automated future*, recuperado el 5 de noviembre del año 2012, en: <http://www.capitalcentury.com/1961.html>.

¹¹¹ Pearce, Jeremy (2011, 15 de agosto), "George C. Devol, Inventor of Robot Arm, Dies at 99," *The New York Times*, recuperado el 5 de noviembre del año 2012, en: http://www.nytimes.com/2011/08/16/business/george-devol-developer-of-robot-arm-dies-at-99.html?_r=0.

¹¹² Mickle, Paul, *op. cit.*

No obstante el potencial demostrado para revolucionar los procesos productivos por la efectividad con la que este primer robot de uso industrial suplió a la mano de obra humana, la industria de la robótica tuvo un lento despegue. Por ejemplo, en abril de 1970, casi una década después de su debut, solo había un poco más de 200 robots de uso industrial en operación en todo el mundo.¹¹³ En ese sentido, fue necesaria la convergencia de tres acontecimientos, cada uno con su propia temporalidad, para asegurar el impulso que requería la tecnología de la robótica para establecerse como la herramienta de producción dominante en ciertas actividades de la industria manufacturera.

El primero de estos acontecimientos, está relacionado las posturas contrapuestas de las industrias de los Estados Unidos y Japón ante el uso de los robots en los albores de esta tecnología. No obstante que fue desarrollada originalmente en Estados Unidos, los clientes norteamericanos fueron muy lentos para aceptar la tecnología robótica.¹¹⁴ A diferencia de lo que ocurría en ese país, los industriales Japoneses mostraron un creciente interés en las aplicaciones prácticas de esta tecnología.¹¹⁵ Esto se explica, además de la necesidad explícita de toda empresa de encontrar las formas para mejorar su capacidad competitiva para garantizar la consecución de la ganancia, también en razón de que la ocurrencia de cambios en las tendencias demográficas¹¹⁶ y ocupacionales¹¹⁷ de la sociedad japonesa anticipaba la inminente escases de mano de obra en un futuro no muy lejano. Ante ese escenario, el gobierno y los industriales japoneses identificaron el claro potencial de la tecnología robótica para evitar el eventual colapso de sus industrias y fijaron como objetivo la asimilación intensa y ascendente de los adelantos tecnológicos realizados en otros países¹¹⁸ en esta área. Esta visión estratégica condujo a la firma del primer acuerdo de licenciamiento de las tecnologías detrás del robot Unimate en el año de 1968 con Kawasaki Heavy Industries, lo que permitió iniciar la fabricación y comercialización de dichos robots en Japón¹¹⁹ en 1969, así como el posterior desarrollo de sus propios adelantos en ese campo.

El segundo de estos acontecimientos se sustenta en los notables resultados sobre la productividad de la industria automotriz derivados del uso cada vez más amplio de los robots en sus procesos. En ese sentido, el acelerado progreso de esta tecnología logro, en poco tiempo, la creación de robots con capacidad de realizar tareas más complejas en tiempos cada vez más reducidos, permitiendo con ello su inserción directa en las líneas de ensamblaje,¹²⁰ realizando entre otras actividades, operaciones de soldadura. Aprovechando estos desarrollos y anticipándose a las tendencias del mercado, GM reconstruyó su planta en Lordstown, Ohio en 1969, convirtiéndola en la planta automotriz más automatizada del mundo, con una capacidad de construir 110 automóviles por hora, el doble que ninguna otra planta existente en ese entonces.¹²¹

¹¹³ Ayres, Robert U. y Steven M. Miller (1983), *op. cit.*, p. 5.

¹¹⁴ Ayres (1984), *op. cit.* p. 83.

¹¹⁵ Engelberger, Joseph F. (1985), *op. cit.* p. 8.

¹¹⁶ Dichos cambios consistían en el eventual declive y envejecimiento de su población. Actualmente, de mantenerse la acentuada disminución de la tasa de natalidad implicaría que para el año 2050 acontecería una reducción de hasta 25% en su población y que la proporción de la población mayor a 65 años llegue a representar hasta el 40% del total, en: Mori, Kathryn y Carolyn Scearce (2010), "Robot Nation: Robots and the Declining Japanese Population," recuperado el 5 de noviembre del año 2012, en: <http://www.csa.com/discoveryguides/robots/review.php>.

¹¹⁷ Es reconocida la tendencia del crecimiento del sector servicios en las economías que han alcanzado cierto grado de industrialización y de desarrollo educativo de su población.

¹¹⁸ De acuerdo con Mowery y Oxley, desde la década de 1950 el gobierno Japonés, como parte de sus políticas públicas de la posguerra, favoreció la importación de bienes de capital y la transferencia de tecnologías clave desde el exterior para impulsar el desarrollo de sus industrias domesticas, en: Mowery, David C. y Joanne Oxley (1995), "Inward technology transfer and competitiveness: the role of national innovation systems," en Daniele Archibugi y Jonathan Michie (eds.) *Technology, Globalisation and Economic Performance*, Cambridge University Press, New York, EE.UU.: 1997, p. 151.

¹¹⁹ Engelberger, Joseph F. (1985), *op. cit.* p. 8.

¹²⁰ Munson, George E. (2010), "The Rise and Fall of UNIMATION INC.: Story of robotics innovation & triumph that changed the world!," recuperado el 5 de noviembre del año 2012, en: <http://find.botmag.com/121091>.

¹²¹ Munson, George E. (2010), *op. cit.*

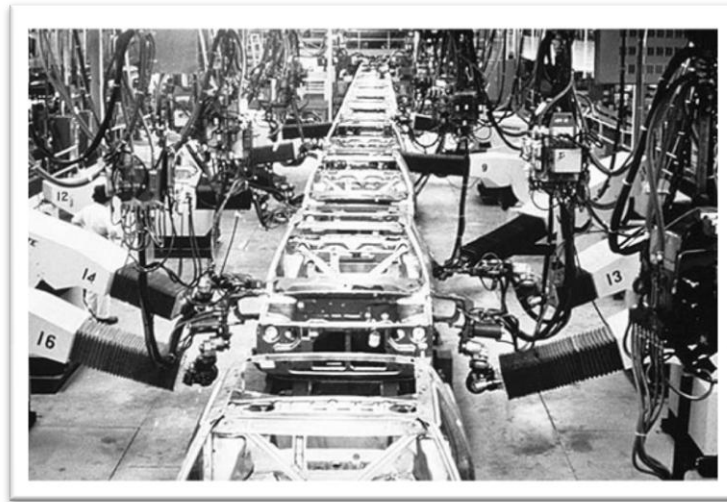


Ilustración 2.- Línea de ensamblaje de la planta automotriz de GM en Lordstown, Ohio, en 1969.

El espectacular resultado de la apuesta de GM en esta tecnología revolucionó la fabricación de automóviles, aseguró el lugar del robot como piedra angular en esa industria y sentó el precedente para la eventual inserción de esta tecnología en los procesos productivos de otras industrias.

Finalmente, el tercer acontecimiento está relacionado con la necesidad que enfrentaron las empresas de modificar su comportamiento y estrategias para garantizar la realización de la ganancia derivado de la agudización de la competencia en el contexto de la crisis general del capitalismo mundial que ocurrió en la década de 1970. En ese sentido, de acuerdo con Tello e Ibarra, en los años que siguieron al término del conflicto armado de la Segunda Guerra Mundial se generalizó la tendencia descendente de la participación de las ganancias empresariales como parte del ingreso de las principales economías capitalistas,¹²² en otras palabras, se sistematizó el descenso tendencial de la tasa general de ganancia. Esto se explica, entre otras causas, por “[...] el aumento en el poder sindical relacionado con el pleno empleo y otras políticas, que [condujeron] a mayores percepciones laborales y mayor injerencia en la gestión de las empresas”,¹²³ a la par de “[...] la reducción en el ritmo de crecimiento de la productividad del trabajo”.¹²⁴ “Los ricos perdieron poder, terreno, tanto en materia de ingresos, como de control de los procesos productivos y en la orientación de la política económica y la social”.¹²⁵ Esta situación continuó y llegó a su cúspide hasta la ocurrencia secuencial de cuatro hechos: “a) Estados Unidos abandona la convertibilidad de su moneda en agosto de 1971; b) se inicia el colapso del sistema de Bretton Woods; c) se incrementan fuertemente los precios del petróleo en 1973 y, d) se registran las crisis del mercado de valores de 1973-1974”.¹²⁶

Estos hechos en conjunto desencadenaron una severa crisis general del capitalismo y sus repercusiones llevaron a profundas transformaciones del sistema, sus instituciones y las políticas públicas aplicadas por los gobiernos. Esta reestructuración logró, de manera paulatina, reencauzar el rumbo de la economía global para favorecer a las elites económicas, y en ese sentido, fue “[...] encabezada por las corporaciones transnacionales -industriales y no-industriales-, cuyas estrategias de rediseño internacional [fueron] avaladas e impulsadas por los organismos económicos internacionales –FMI, Banco Mundial, GATT-OMC–”.

¹²² Tello, Carlos y Jorge Ibarra (2012), *La Revolución de los Ricos*, Facultad de Economía, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, D.F., México, p. 15.

¹²³ Tello, Carlos y Jorge Ibarra (2012), *op. cit.*, p. 33.

¹²⁴ Tello, Carlos y Jorge Ibarra (2012), *op. cit.*, p. 34.

¹²⁵ Tello, Carlos y Jorge Ibarra (2012), *op. cit.*, p. 32.

¹²⁶ Tello, Carlos y Jorge Ibarra (2012), *op. cit.*, p. 23.

Esto, con el objetivo de restaurar los niveles de la tasa de ganancia y su predominio en la participación de la distribución de la riqueza y el ingreso, a través de la intensa difusión e implantación de los dogmas del pensamiento económico Neoliberal¹²⁷ en toda la estructura socioeconómica.

Con relación a los cambios que ocurrieron en el sector productivo, ante el agotamiento de las bases técnicas, organizativas y sociales¹²⁸ de la anterior modalidad de acumulación, destacan “[...] la cancelación de regulaciones que restringían el comportamiento de diferentes actividades productivas”, así como también “[...] los cambios regresivos aplicados a las relaciones laborales”.¹²⁹ En general, la tendencia mundial se orientó hacia:

- “El debilitamiento de la posición negociadora del trabajo mediante distintas desregulaciones y acotamientos de las relaciones obrero-patronales.
- La reorganización de las actividades productivas para reducir costos, incluyendo la introducción de innovaciones tecnológicas, la reducción de las plantillas laborales y la relocalización geográfica de proporciones importantes de los procesos productivos o de actividades completas”.¹³⁰

Así, ante la acelerada y creciente competencia y los cambios institucionales que ocurrieron en el contexto de la crisis, se presentó la oportunidad de replantear las formas de restituir los niveles de la tasa de ganancia a través de la creciente asimilación de innovaciones tecnológicas, tales como la robótica, en los procesos productivos de diversas industrias.

En síntesis, el impulso que le dio el creciente interés de la industria japonesa, el dramático incremento en la productividad de la primera planta altamente robotizada de GM, y lo más importante, la crisis de la década de 1970, en conjunto, allanaron el camino hacia el auge de la industria robótica, con lo que:

A finales de la década de 1970’s mundialmente el interés y la inversión en la robótica industrial aumentó dramáticamente, dando lugar a un auge notable en la industria global de robots. Muchas empresas de nueva creación y varios grandes conglomerados japoneses y estadounidenses entraron en el mercado y comenzaron a producir robots industriales.¹³¹

El explosivo crecimiento de la industria de la robótica permitió que de solo unos cuantos cientos a principios de la década de 1970, existieran, en el año de 1982 cerca de 50,000,¹³² en 1995 más de

¹²⁷ De acuerdo con Tello e Ibarra, la característica fundamental del pensamiento neoliberal consiste en asumir al individuo, indiferenciado, abstracto, como el referente principal de la explicación de los fenómenos sociales. La ideología neoliberal asume al individuo como el arquitecto de su propio destino, sin ponderar el contexto social en que se desenvuelve. El individuo, en libertad, actúa en función de sus propios intereses, que es capaz de visualizar con toda claridad. Esta es la esencia de la naturaleza humana. Y la mejor manera de que la persecución del interés propio se pueda potenciar y convertir en beneficio mutuo para todos los individuos a la vez es el intercambio que se realiza en el mercado en un contexto de libre competencia. El neoliberalismo entonces es sumamente receloso de la resolución de la vida económica desde las acciones y las negociaciones colectivas, y por ello rechaza en principio, haciendo muy pocas concesiones, la intromisión desde el Estado. Cualquier esquema de acción que sustituya, coarte o aletargue el desempeño individual independiente es considerado como una fuente de erosión de la libertad y el progreso, en: Tello, Carlos y Jorge Ibarra (2012), *op. cit.*, p.p. 37-38.

¹²⁸ Mariña, Abelardo (2003), “Crisis estructural capitalista y globalización neoliberal: una perspectiva desde México,” en Ernesto Soto Reyes Garmendia, Jaime Aboites Aguilar y Etelberto Ortiz Cruz (coords.) *Estado versus mercado: ¿Ruptura o nueva forma de regulación?*, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, México, p. 139.

¹²⁹ Tello, Carlos y Jorge Ibarra (2012), *op. cit.*, p. 97.

¹³⁰ Tello, Carlos y Jorge Ibarra (2012), *op. cit.*, p. 98.

¹³¹ Mathia, Karl (2010), *op. cit.*, p. 2.

¹³² Bastos T., Paulo (1986), “Las Tendencias Internacionales en la Electrónica y la Informática,” en Carlos Ominami (ed.) *LA TERCERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL: Impactos internacionales del actual viraje tecnológico*, RIAL – Anuario 1986, Grupo Editor Latinoamericano, p. 103.

600,000, y en 2007 aproximadamente 1,000,000¹³³ de robots industriales en operación en todo el mundo.

2.5. Tendencias actuales

Las tendencias de la robótica apuntan actualmente, desde el punto de vista puramente técnico, hacia el aceleramiento de la investigación y desarrollo de robots con mayor movilidad, destreza y autonomía de sus acciones,¹³⁴ su aplicación en tareas caracterizadas fundamentalmente por la falta de estandarización del producto, del proceso y/o de estructuración del entorno, y la creación de sistemas interactivos que sean capaces de reconocer e interpretar gestos, expresiones verbales y emociones, y con capacidad de aprendizaje social,¹³⁵ abriendo con todo esto la posibilidad de insertarlos de manera efectiva en un mayor rango de actividades dentro de las manufacturas, e incluso, en aquellas actividades que en la actualidad son realizadas por humanos dentro del sector servicios.

Más importante aún, desde el punto de vista socioeconómico, la robótica está experimentando en la actualidad un notable impulso en su difusión en los procesos productivos de las manufacturas como resultado de dos tendencias. En primer lugar está la creciente tendencia mundial de traer de vuelta las manufacturas a las economías desarrolladas, situación propiciada por las políticas públicas de gobiernos como el de Estados Unidos. En segundo lugar está la aparentemente contradictoria tendencia de la creciente robotización de las economías emergentes, como China, que cuentan con mano de obra abundante y barata. Destacar el rol de estas naciones en la determinación del futuro de esta tecnología y en la conformación de las tendencias mundiales se justifica si consideramos que en la actualidad son los principales importadores y exportadores de manufacturas a nivel internacional, específicamente, en el año 2011 China ostentó el primer lugar como exportador de manufacturas a nivel mundial con un total de \$1,772 miles de millones de dólares, y a su vez ocupó el segundo lugar mundial como importador de manufacturas al ser estas de \$1,033 miles de millones de dólares. Por su parte EE.UU. fue el segundo exportador de manufacturas con \$1,048 miles de millones de dólares, y ocupó el primer puesto como importador de manufacturas al representar estas un importe de \$1,523 miles de millones de dólares.¹³⁶ Por tanto, la dinámica interna de la industria manufacturera en estas naciones relacionada con la tecnología empleada en sus procesos productivos, dependiendo de sus resultados, podría ser el precedente de la conformación de un estándar mundial.

Los efectos de estas tendencias ya son tangibles, por ejemplo, de acuerdo con la Federación Internacional de Robótica,¹³⁷ el año de 2011 ha sido el mejor año para esta industria desde 1961, ya que se incrementaron las ventas de robots a nivel mundial en 166,028 unidades, un 38% más que el 2010, el nivel más alto registrado para un solo año, convirtiendo ésta en una industria con valor de mercado de 25,000 millones de dólares.

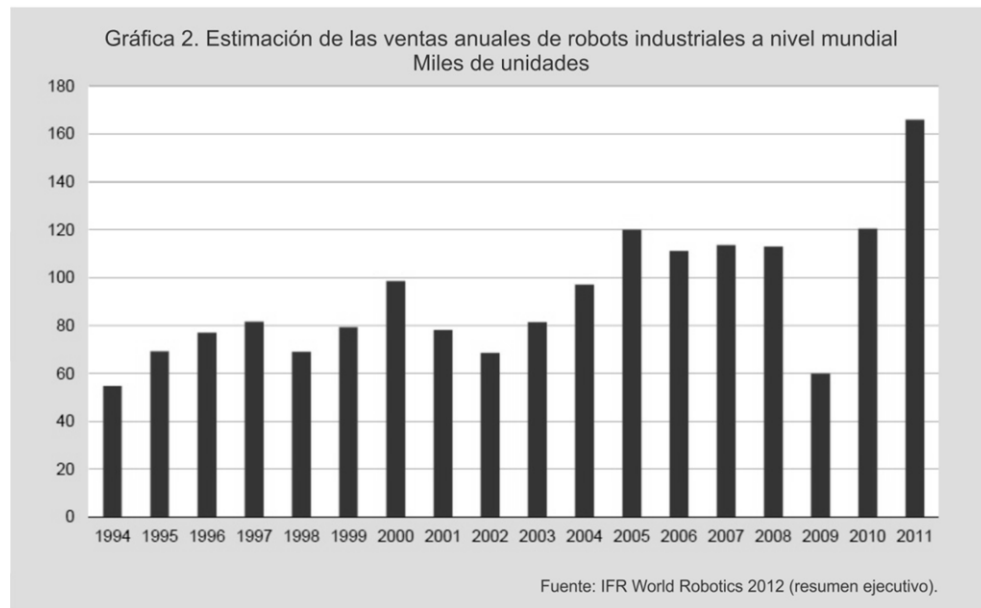
¹³³ Mathia, Karl (2010), *op. cit.*, p. 4.

¹³⁴ Barrientos Antonio y Carlos Balaguer (1996), *op. cit.*, p. 7.

¹³⁵ Breazeal, Cynthia (2002), *Designing Sociable Robots*, Ed. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, EE.UU., p. 5.

¹³⁶ OMC (2012), "Estadísticas del comercio internacional 2012," *Organización Mundial de Comercio*, OMC, Ginebra, Suiza, p. 83.

¹³⁷ Federación Internacional de Robótica (2012b), *World Robotics - Industrial Robots 2012*, Frankfurt, Alemania, p. 8.



Antes de continuar, debe entenderse que ambas tendencias, a su vez, han cobrado fuerza por la necesidad de brindar alternativas para la realización del capital y la restauración del nivel general de la tasa de ganancia ante la creciente y acelerada competencia a nivel internacional, que en la actualidad se manifiesta a través de constantes ajustes, en plazos cada vez más cortos, tanto en la aplicación de nuevos diseños y productos, como en la rearticulación y reubicación de la producción en distintos puntos geográficos,¹³⁸ todo esto potenciado por la crisis económica mundial, que de acuerdo con Tello e Ibarra inicio desde finales del 2007, y permeo a nivel internacional durante 2008, como resultado del colapso financiero desatado por la explosión de la burbuja especulativa de las hipotecas *sub-prime*, y que entre otras cosas, ha determinado que vivamos “[...] tiempos de estancamiento productivo, dislocaciones financieras altamente complejas, extendido desempleo y el deterioro en las condiciones de vida material de las grandes mayorías. Todo ello en un contexto de gran incertidumbre frente a los años por venir”¹³⁹.

Si como vimos, fue una crisis económica lo que le brindo el impulso inicial a la creciente asimilación de esta tecnología en los procesos de la industria manufacturera, entonces nuevamente, una crisis es lo que está profundizando su difusión en esta industria y aún más allá.

Apoyo del Gobierno de EE.UU. al desarrollo de la robótica y reshoring

Reshoring es la tendencia de poner fin a la subcontratación en las economías emergentes por sus bajos costos y volver a producir en las economías desarrolladas. Los casos más representativos son los de las empresas originarias de Estados Unidos que han llevado su producción a China, y que con el paso del tiempo han enfrentado complicaciones imprevistas tales como el constante incremento en los costos de mantener una larga cadena logística; las fluctuaciones en el costo del transporte en razón del precio internacional del petróleo; la apreciación de la moneda china; e inclusive, el crecimiento sostenido y acelerado del costo de la mano de obra, la cual año con año se incrementa entre 15 y 20% en promedio, todo ello sin un incremento razonable en la productividad que lo compense.¹⁴⁰ En forma individual y en conjunto estos factores elevan el costo

¹³⁸ Un ejemplo claro de esta tendencia lo podemos visualizar en la celeridad con la que ocurren cambios en la industria detrás de los teléfonos celulares, donde la intensa competencia ha determinado que se lancen nuevos equipos al mercado varias veces al año, incrementando sus usos y prestaciones y disminuyendo sus costos.

¹³⁹ Tello, Carlos y Jorge Ibarra (2012), *op. cit.*, p. 163.

¹⁴⁰ Knowledge@Wharton (2012, 12 de abril), “A New Chinese Export: Jobs,” *Time*, recuperado el 5 de noviembre del año 2012, en: <http://business.time.com/2012/04/12/a-new-chinese-export-jobs/>.

final de los productos, lo que obliga a las empresas manufactureras a poner en una balanza los pros y contras de regresar a los Estados Unidos las operaciones que se llevan a cabo fuera de su país.¹⁴¹

Dada la ocurrencia de exitosos ejemplos a nivel internacional de como los robots han facilitado este proceso,¹⁴² y en el contexto de la crisis económica mundial, no es casualidad que los gobiernos de los países desarrollados se planteen la necesidad de instrumentar políticas públicas que aceleren el desarrollo de la tecnología e industria robótica como un medio para fortalecer la capacidad competitiva de la industria manufacturera de sus naciones e incluso para facilitar el regreso de las operaciones que se habían internacionalizado. Tal es el caso de las acciones de gobierno del presidente de Estados Unidos, Barack Obama, quien puso en marcha en junio de 2011 la *Asociación de Manufactura Avanzada*¹⁴³ (Advanced Manufacturing Partnership), un programa de \$500 millones de dólares cuyo objetivo es revitalizar la industria manufacturera estadounidense brindándole las herramientas necesarias para competir exitosamente en el mercado global. Este programa representa un esfuerzo nacional para reunir a la industria, las universidades y el Gobierno Federal para coordinar el rumbo de inversión y fomento del desarrollo de tecnologías emergentes que creen nuevas empresas y puestos de trabajo de alta calidad en las manufacturas y mejoren la competitividad global de Estados Unidos. Las inversiones se realizarán en las siguientes áreas clave:

- La construcción de capacidad de manufactura interna en industrias críticas de seguridad nacional.
- Reducir el tiempo necesario para elaborar materiales avanzados utilizados en la manufactura de productos.
- Establecer el liderazgo de EE.UU. en la robótica de próxima generación.
- Aumentar la eficiencia energética de los procesos de manufactura.
- El desarrollo de nuevas tecnologías que reduzcan drásticamente el tiempo necesario para diseñar, construir y probar los productos manufacturados.

Importantes universidades y empresas¹⁴⁴ complementarán estos esfuerzos del Gobierno Federal ayudando a inventar, desplegar y ampliar estas tecnologías de vanguardia.

Uno de los objetivos clave de este programa para revitalizar la industria manufacturera estadounidense recae precisamente en acelerar el desarrollo de la tecnología e industria robótica

¹⁴¹ Una decisión de la empresa General Electric es considerada un ejemplo emblemático de esta tendencia, ya que desde 2009, anunció planes de invertir \$1,000 millones de dólares en Louisville, Kentucky, para producir ahí calentadores de agua y refrigeradores que hasta entonces se manufacturaban en China y México respectivamente, con lo que esperan crear 11,000 empleos industriales en Estados Unidos. Puede profundizarse al respecto en: Crooks, Ed (2012, 2 de abril), "GE takes \$1bn risk in bringing jobs home," *Financial Times*, recuperado el 5 de noviembre del año 2012, en: <http://www.ft.com/cms/s/0/21a46546-78f1-11e1-88c5-00144feab49a.html#axzz1qzkKeKdy>.

¹⁴² Hasta hace poco Philips Electronics manufacturaba rasuradoras eléctricas de forma exclusiva en una fábrica en la ciudad de Zhuhai en China, ocupando para ello a cientos de trabajadores poco especializados que ensamblan el producto de forma manual con herramientas creadas para ese fin, hasta que recientemente esa empresa instaló una nueva planta de ensamblaje en Drachten en los Países Bajos, de donde es originaria, ahí las operaciones son realizadas por solo 128 robots y unas cuantas docenas de trabajadores humanos supervisando la labor cada turno, los cuales no representan siquiera una décima parte de los trabajadores requeridos en su planta hermana en China, y sin embargo, ambas plantas tienen niveles similares de productividad. Puede profundizarse en el tema en: Markoff, John (2012, 18 de agosto), "Skilled Work, Without the Worker," *The New York Times*, recuperado el 5 de noviembre del año 2012, en: <http://www.nytimes.com/2012/08/19/business/new-wave-of-adept-robots-is-changing-global-industry.html?pagewanted=all>.

¹⁴³ The White House, Office of the Press Secretary (2011), "President Obama Launches Advanced Manufacturing Partnership," [comunicado de prensa], recuperado de: <http://www.whitehouse.gov/the-press-office/2011/06/24/president-obama-launches-advanced-manufacturing-partnership>.

¹⁴⁴ Las universidades que se involucraron inicialmente en este programa son: el Instituto Tecnológico de Massachusetts, la Universidad Carnegie Mellon, el Instituto Tecnológico de Georgia, la Universidad de Stanford, la Universidad de California-Berkeley, y la Universidad de Michigan. Por el lado de las empresas están: Allegheny Technologies, Caterpillar, Corning, Dow Chemical, Ford, Honeywell, Intel, Johnson and Johnson, Northrop Grumman, Procter and Gamble, y Stryker.

en ese país, y para ello fue lanzada la *Iniciativa Nacional de Robótica*¹⁴⁵ (National Robotics Initiative), la cual tiene como propósito el mejorar la capacidad y usabilidad de tales sistemas y artefactos con vistas al desarrollo de una nueva generación de robots que operen junto o de forma cooperativa con trabajadores humanos, y así como alentar a las nuevas, y las ya existentes comunidades desarrolladoras de esta tecnología a enfocarse en el impulso de áreas de aplicación innovadoras, tales como:

- Manufactura avanzada.
- Infraestructura civil y ambiental.
- Cuidados de la salud y rehabilitación.
- Aplicaciones militares y seguridad nacional.
- Exploración submarina y espacial.
- Producción de alimentos.
- Procesamiento y distribución.
- Mecanismos de asistencia para mejorar la independencia y calidad de vida.
- Una conducción más segura.

En este programa se abordará todo el ciclo vital, desde la investigación fundamental y desarrollo para la industria manufacturera hasta su despliegue. También son parte importante de esta iniciativa el desarrollo de métodos para el establecimiento e implantación de la robótica en los planes de estudio y la investigación para lograr una mejor comprensión de las implicaciones sociales, conductuales y económicas, en el largo plazo, del uso de robots cooperativos en todas las áreas de la actividad humana.

Para cumplir con estos objetivos, el programa destinara financiamiento, hasta por \$70 millones de dólares anuales, y brindara el apoyo de varias agencias¹⁴⁶ a las investigaciones y aplicaciones innovadoras en robótica que enfatizan la creación de dicho tipo de robots.

Si consideramos las características de estos programas y las cifras recientes sobre las ventas de robots en Estados Unidos, las cuales indican que durante el año 2011 fueron instalados 20,555 robots industriales, un 43% más que el año 2010,¹⁴⁷ entonces, puede afirmarse que ciertamente es posible que los resultados de la Asociación de Manufactura Avanzada y la Iniciativa Nacional de Robótica podrían brindar el impulso definitivo a la tendencia de reshoring hacia Estados Unidos en un futuro próximo.

Robotización de China

Más allá del papel preponderante que ha adquirido la economía China en el comercio mundial de manufacturas, la importancia de plantear el caso de la acelerada robotización de su industria se hace evidente si consideramos el peso específico y la dinámica reciente de la relación comercial entre esta nación, México y EE.UU. En ese sentido, de acuerdo con Dussel,¹⁴⁸ el primer aspecto a destacar es que China es el segundo socio comercial de México desde 2003, y en segundo lugar, se ha atestiguado un importante desplazamiento de productos mexicanos de su principal mercado de exportación, Estados Unidos: en términos agregados México llegó a ser el segundo exportador a Estados Unidos en 2001-2002 con una participación de 11.61% en 2002 y cayó a 11.33% en

¹⁴⁵ Kalil, Tom y Sridhar Kota, The White House, Office of Science and Technology Policy (2011), "Developing the Next Generation of Robots," [comunicado de prensa], recuperado de: <http://www.whitehouse.gov/blog/2011/06/24/developing-next-generation-robots>.

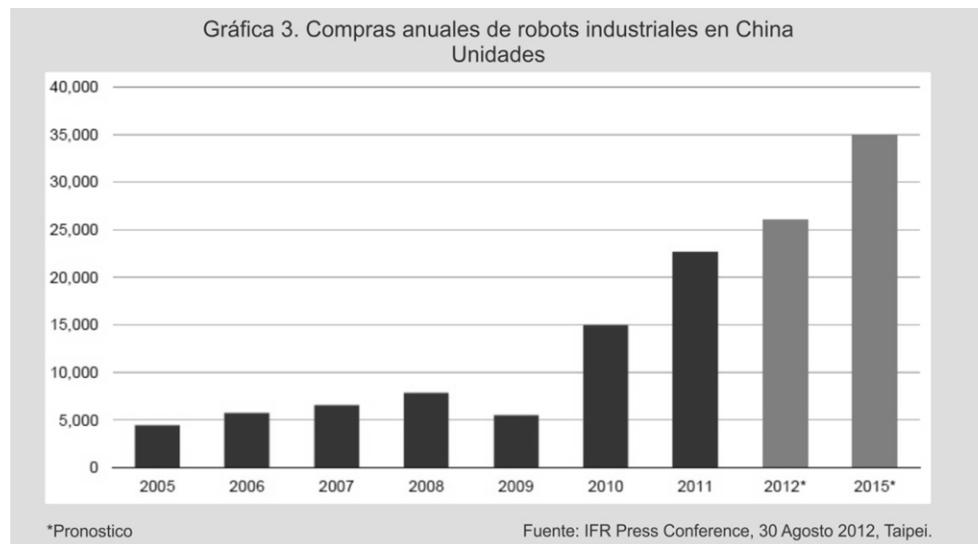
¹⁴⁶ Incluyendo la Fundación Nacional de Ciencia (NSF), la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA), los Institutos Nacionales de Salud (NIH) y el Departamento de Agricultura de EE.UU. (USDA).

¹⁴⁷ Federación Internacional de Robótica (2012a), *World Robotics 2012: Executive Summary*, Frankfurt, Alemania, p. 8.

¹⁴⁸ Dussel, Enrique (2012), "40 años de la relación entre México y China. Acuerdos, desencuentros y futuro," *UNAM/Cechimex*, Cámara de Senadores y CICIR, México, p.p. 83-84.

2009, mientras que durante el mismo periodo la china aumentó de 10.81% a 19.03%, es decir, durante la década pasada la evolución de la relación comercial entre estos tres países ha determinado que China se haya configurado como uno de los principales socios y rivales comerciales para México, desplazándolo del lugar que ocupaba en su relación comercial con EE.UU.

Ahora bien, la tendencia de la robotización de la industria manufacturera en China es, al parecer, contradictorio. Tradicionalmente se consideraba que este país cuenta con la ventaja de su abundante y barata mano de obra con relación a los países desarrollados, sin embargo, también está siendo llevada a la utilización de la tecnología de la robótica de forma cada vez más extensiva en los procesos productivos de su industria manufacturera. De acuerdo con la Federación Internacional de Robótica,¹⁴⁹ en 2011, aproximadamente 22,577 robots industriales fueron vendidos en ese país, 51% más que en el año 2010. Con la excepción del 2009, el mercado de robots en China ha despegado en años recientes. Entre 2006 y 2011, la oferta anual se ha cuadruplicado. En los 50 años de historia de los robots industriales no existe otro país con un crecimiento tan dinámico en las instalaciones de robots en un periodo de tiempo tan breve. De acuerdo a lo planteado previamente, el volumen de ventas de robots en China para el año 2011 ha sido superior incluso al registrado en Estados Unidos, y se acerca a los niveles de las economías más robotizadas como Japón y Corea del Sur, que en ese mismo año compraron 28,000 y 25,536 unidades respectivamente. De seguir esta tendencia, solo será cuestión de tiempo para que China se convierta en el mercado de robots más grande del mundo.



La tendencia hacia la creciente robotización de la industria de este país puede entenderse, en primera instancia, como consecuencia de que los constantes avances en la tecnología de la robótica han permitido que los robots se estén volviendo más efectivos que los humanos, con relación al costo, en un número cada vez mayor de actividades en las manufacturas,¹⁵⁰ lo que favorece su asimilación en el contexto de la intensificación de la competencia tanto en su mercado doméstico como en el mercado mundial. Sin embargo, no puede ignorarse que esto también es consecuencia de la evolución de la dinámica social en ese país, es decir, se está transformando la naturaleza de la fuerza de trabajo debido, principalmente, a cambios demográficos y conductuales en la sociedad china. El elemento más influyente en este proceso ha sido la política de un niño por familia que data de hace tres décadas y la acentuada preferencia cultural por el nacimiento de los niños sobre las niñas, lo que ha llevado a una escasez de trabajadores. Censos recientes indican que la población en edad de trabajar empezará decrecer entre el 2013 y el 2015 y en los próximos

¹⁴⁹ Federación Internacional de Robótica (2012a), *op. cit.*, p. 9.

¹⁵⁰ Liang, Hong (2012, 3 de septiembre), "Robots pose new challenges to markets," *China Daily*, recuperado el 5 de noviembre del año 2012, en: http://www.chinadaily.com.cn/opinion/2012-09/03/content_15727641.htm.

10 años el número de trabajadores en edades entre 20 y 40 años podría disminuir en casi 100 millones.¹⁵¹ Es poco probable que esta tendencia se revierta ya que actualmente menos del 20% de la población es menor de 14 años, cifra que representaba casi un 25% hace una década. Adicionalmente, cada vez es más frecuente que muchos adolescentes prefieran trabajar en las tiendas y restaurantes de las grandes urbes al tedio de trabajar en una fábrica.¹⁵² Esta dinámica ha determinado que la competencia por los trabajadores sea tan intensa que los empleadores han tenido que incrementar constantemente los salarios para retenerlos, con lo que desde el 2007 al 2011 el sueldo promedio casi se ha duplicado, pasando de menos de 25,000 yuan al año a más de 40,000.¹⁵³

A estos factores también debe sumarse la agudización de los conflictos sociales resultado de la *superexplotación del trabajo*¹⁵⁴ en ese país, y el ejemplo tristemente más célebre es el de la empresa Foxconn Technology Group. Esta empresa es uno de los contratistas para manufacturas electrónicas más grandes en el mundo. Elabora productos para Apple, Acer, Amazon, Intel, Cisco, Hewlett-Packard, Dell, Nintendo, Nokia, Microsoft, Motorola y Sony, entre otros, y en conjunto produce más del 40% de todos los productos electrónicos a nivel mundial.¹⁵⁵ Con más de 1 millón de trabajadores es el empleador más grande en China.¹⁵⁶ Recientemente la compañía ha estado plagada por escándalos relacionados con el trato que da a sus empleados. Desde el año 2010 ocurrió una cadena de suicidios en sus plantas, que costaron la vida de 18 jóvenes trabajadores. Este trágico resultado es el ejemplo más extremo de la creciente frustración de los trabajadores que laboran en las plantas de esa empresa, donde enfrentan jornadas de trabajo excesivamente largas, con bajos sueldos, realizando tareas monótonas y sometidos a una constante presión para cumplir las metas de producción.¹⁵⁷

Así, ante el escenario, mencionado previamente, de incrementos constantes en el costo de la mano de obra, propiciados por su escasez creciente, y un conflicto social en puerta que amenazaba con desbordarse como resultado de sus prácticas explotadoras, Terry Gou, presidente de Foxconn, anunció en septiembre del año 2011 el plan de su compañía para reemplazar gran parte de sus empleados con 1 millón de robots en los siguientes tres años, además de la construcción de un centro de investigación y desarrollo en robótica y su propia planta manufacturera de robots.¹⁵⁸ La compañía, que tenía 10,000 robots en operación en el 2011, espera tener 300,000 robots operando en sus fábricas en el 2012.¹⁵⁹

¹⁵¹ Nan, Zhong y Zhao Yanrong (2012, 8 de octubre), "The rise of the robots," *China Daily*, recuperado el 5 de noviembre del año 2012, en: http://www.chinadaily.com.cn/business/2012-10/08/content_15800713.htm.

¹⁵² Rahul, Jacob y Sarah Mishkin (2012, 4 de octubre), "China turns to robots as labour costs rise," *Financial Times*, recuperado el 5 de noviembre del año 2012, en: http://www.ft.com/cms/s/0/2a804e04-0c95-11e2-a776-00144feabdc0.html?ftcamp=published_links%2Frss%2Fhome_uk%2Ffeed%2F%2Fproduct#axzz2ALjLMvER.

¹⁵³ Nan, Zhong y Zhao Yanrong (2012, 8 de octubre), *op. cit.*

¹⁵⁴ Marini afirma que el régimen capitalista de producción desarrolla dos grandes formas de explotación: por un lado, la que corresponde al aumento de la fuerza productiva del trabajo, y por el otro, a la mayor explotación del trabajador. Al predominio de una mayor explotación del trabajo corresponde, precisamente, la superexplotación del trabajo, en: Marini, Ruy M. (1973), *Dialéctica de la dependencia*, Ed. Ediciones Era, México, p.p. 95-96.

¹⁵⁵ Schmitz, Rob (2012, 9 de abril), "A look behind the gates of Foxconn," *Marketplace*, recuperado el 5 de noviembre del año 2012, en: <http://www.marketplace.org/topics/tech/apple-economy/look-behind-gates-foxconn>.

¹⁵⁶ Hille, Kathrin (2011, 1 de agosto), "Foxconn looks to a robotic future," *Financial Times*, recuperado el 5 de noviembre del año 2012, en: <http://www.ft.com/intl/cms/s/2/e5d9866e-bc25-11e0-80e0-00144feabdc0.html#axzz2D66dHzrn>.

¹⁵⁷ Activistas de Derechos Humanos dicen que muchos abusos también ocurren en otras empresas chinas, y el problema es particularmente obstaculizado por la prohibición del gobierno a los sindicatos independientes y las restricciones al derecho de organización y huelga, en: Blanchard, Ben (2011, 3 de julio), "Apple, Foxconn Scandal Highlights Exploitation Of Chinese Workers By Foreign Firms," *Huffingtonpost*, recuperado el 5 de noviembre del año 2012, en: http://www.huffingtonpost.com/2012/03/07/apple-foxconn-scandal_n_1325930.html.

¹⁵⁸ Hanlon, Mike (2011, 3 de noviembre), "Foxconn gears up to build industrial robots - world industrial robot population to double," *Gizmag*, recuperado el 5 de noviembre del año 2012, en: <http://www.gizmag.com/foxconn-gears-up-to-build-industrial-robots/20389/>.

¹⁵⁹ Nan, Zhong y Zhao Yanrong (2012, 8 de octubre), *op. cit.*

Dadas las características del conflicto social que se desarrolla en ese país, y su evolución pronosticada, esta decisión tan radical de la empresa Foxconn puede ser el precedente de lo que podría convertirse en el estándar de negocios en China, ya que el uso cada vez más extensivo de robots en la industria manufacturera se presenta como una alternativa eficiente para mantener una posición competitiva favorable y con ello facilitar la realización de las mercancías y la consecución de la ganancia en el contexto de la agudización de la competencia a nivel internacional como resultado de la crisis económica del 2008 y ante los escenarios del rápido y constante incremento en los salarios, la inminente escases de mano de obra y la exacerbación de los conflictos sociales derivados de las precarias condiciones de trabajo en ese país.

En síntesis, desde el punto de vista de las empresas, en la actualidad por las propias cualidades técnicas de los robots su uso representa una clara ventaja económica sobre el empleo de la mano de obra humana en diversos procesos en las manufacturas. A esto debe sumarse el hecho de que el incesante proceso de evolución y perfeccionamiento al que está sometida esta tecnología tiende a que esta sea cada vez más efectiva en términos de su costo contra su productividad comparada con el trabajo humano, y que paralelamente, el rumbo al que se orientan las mejoras en esta tecnología sea el de incrementar sus áreas de aplicación en nuevas actividades, tareas y procesos, y a la disminución de sus costos. Una prueba tangible de este proceso, sin desdeñar la importancia de las causas expuestas que lo están promoviendo, se encuentra en la acelerada robotización de la industria manufacturera en China, ya que el punto en el que se encuentra el desarrollo de esta tecnología en la actualidad relacionado con sus contribuciones al incremento de la productividad emparejado a la disminución de sus costos, la ha convertido en una opción económicamente viable para las grandes empresas transnacionales en diversos procesos de las manufacturas, inclusive frente la mano de obra de los trabajadores chinos que tradicionalmente es considerada como una de las más baratas a nivel mundial. De esto se desprende que la creciente importancia que está adquiriendo la tecnología robótica como parte sustancial de las estrategias competitivas para maximizar la tasa de ganancia de las empresas que están inmersas en la brutal dinámica de la competencia a nivel internacional, parece indicar que esta tecnología se encamina a convertirse en la herramienta de producción definitiva en las manufacturas. Sin embargo, lo que debería de ser el punto central del debate sobre la introducción de los robots a gran escala en los procesos productivos, son precisamente, sus implicaciones socioeconómicas, tanto a nivel local como internacional, y el potencial conflicto social derivado de ello.

En primer lugar, es necesario reconocer que las repercusiones de una creciente difusión de esta tecnología en los procesos de la industria manufacturera de una nación están lejos de ser neutrales para el empleo, ya que por la efectividad con la que cumple el objetivo real con el que fue concebida esta tecnología, a saber, el reemplazar a los humanos en los procesos en los que se inserta, la robótica exhibe un claro potencial para generar un proceso de expulsión paulatina del tipo de trabajadores que se involucran de manera directa en los procesos productivos, para darle paso al uso progresivo, aunque de ninguna manera proporcional, de un tipo de trabajador altamente especializado que solo se involucra de manera indirecta en el proceso realizando tareas que son requeridas por dicha tecnología, tales como la instalación, programación, inspección, resolución de problemas, mantenimiento y desarrollo de los propios robots. Si este radical proceso de transformación del tipo de trabajo requerido en los procesos productivos de la industria manufacturera sucede de manera acelerada y sin que medie un proceso de adaptación, esto sería causa de un inminente conflicto social, debido a que cabría esperarse un incremento en el nivel de desempleo por el desplazamiento de un gran número de trabajadores del sector manufacturero, especialmente en el caso de los países en vías de desarrollo con débiles sistemas educativos, ya que si bien las características propias de esta tecnología hacen prioritaria la necesidad de recapacitar a la fuerza de trabajo desplazada, así como la formación del capital humano acorde a sus requerimientos, esto podría representar una tarea sumamente difícil para este tipo de naciones en el corto y mediano plazo por sus propias características estructurales y su innegable dependencia tecnológica de las naciones desarrolladas.

En segundo lugar, son especialmente preocupantes las repercusiones para las economías de los países subdesarrollados de una posible reconfiguración de los polos de producción de la industria manufacturera a nivel mundial como resultado del desenvolvimiento de las tendencias expuestas previamente, específicamente, el caso de las políticas públicas instrumentadas por el gobierno estadounidense para revitalizar la industria manufacturera en su país a través del fomento al desarrollo de la tecnología robótica ya que esto podría concretar el regreso a ese país de las operaciones manufactureras de diversas empresas que anteriormente se habían desplazado hacia países subdesarrollados como parte de una estrategia competitiva para maximizar su tasa de ganancia. En ese sentido, la tecnología robótica exhibe un claro potencial para reconfigurar a favor de las economías más desarrolladas, al menos en el largo plazo, la actual división internacional del trabajo, que como vimos se sustenta en gran medida, en la fragmentación de los procesos de las manufacturas en producciones parciales en diferentes centros a nivel mundial, en la cual los emplazamientos de los centros de producción están determinados primordialmente por la disposición de una fuerza de trabajo abundante y barata, conformada generalmente, por trabajadores poco o no cualificados, y que deja en segundo plano la proximidad geográfica de dichos centros de producción de los grandes centros de consumo gracias a que los modernos sistemas de transporte son capaces de trasladar las mercancías de una manera rápida y relativamente económica. En cambio, la robótica podría darle un giro de 180 grados a esta dinámica, al volver prácticamente irrelevante e innecesario el empleo directo de mano de obra barata en gran escala en los procesos productivos de las manufacturas, para en cambio, volver una prioridad el ubicar, con la mayor proximidad geográfica posible, los centros de producción a los centros de consumo. Con ello las empresas contarían con una mejor posición para adaptarse y responder a la celeridad con la que ocurren cambios en la demanda en la actualidad y estarían en posibilidad acelerar el proceso de acumulación de capital al acortarse el lapso de realización de las mercancías, lo que a su vez facilitaría la maximización de la tasa de ganancia.

Es necesario reconocer que México no puede aislarse o hacer caso omiso de estas tendencias mundiales en franca aceleración por sus potenciales repercusiones socioeconómicas, por tanto, resulta indispensable que se realice un diagnóstico del estado actual de algunos aspectos de interés de la industria manufacturera en México que nos ayuden a dimensionar las implicaciones para la economía mexicana de la ocurrencia de los escenarios planteados relacionados con la asimilación a gran escala de esta tecnología en los procesos productivos de la industria manufacturera, ya sea a nivel local o a nivel internacional, y a ello nos enfocaremos en el siguiente capítulo.

Capítulo III. La Industria Manufacturera en México

3.1. Antecedentes de la conformación de la estructura de la industria manufacturera en México

Para entender el estado actual de la industria manufacturera¹⁶⁰ en México¹⁶¹ es necesario que previamente retrocedamos más de medio siglo en la historia económica del país y nos ubiquemos en los albores del proceso industrializador dirigido por el Estado:

A partir de los años cuarenta y hasta la segunda mitad de los años setenta del siglo pasado, el desarrollo económico de México estuvo basado en la participación de un Estado fuerte que fomentó la industrialización a través de una política de sustitución de importaciones. La política económica se centró en el establecimiento de niveles moderados de protección efectiva para la manufactura, con una limitada, y no obstante ad hoc, dispersión creciente de las tasas arancelarias entre las industrias. La protección comercial se efectuó mediante la imposición de requisitos para la importación, estableciendo precios oficiales para ciertas mercancías importadas y prohibiendo la entrada de varios productos del exterior. La inversión extranjera directa fue regulada fuertemente, aceptando su participación, de manera minoritaria, solamente en áreas no estratégicas de la producción manufacturera, y excluida del resto.¹⁶²

De acuerdo con Ros,¹⁶³ citado por Moreno-Brid, Santamaría y Rivas,¹⁶⁴ en esta etapa, la política industrial operó mediante programas enfocados a sectores específicos, con la intención de constituir un sector manufacturero capaz de producir bienes de capital y algunos insumos intermedios. Estas políticas fueron complementadas con una marcada intervención de las empresas estatales en proyectos de inversión que el sector privado no emprendería, como por ejemplo la oferta estratégica de insumos intermedios básicos, es decir, el objetivo de algunas empresas propiedad del Estado mexicano era el de lograr la articulación del mercado interno concretando encadenamientos productivos locales.

A pesar de que durante este periodo el enfoque que asumieron las políticas públicas del Estado mexicano con relación al desarrollo de la industria fue netamente proteccionista, la excepción a esta regla ocurrió a partir de mediados de la década de 1960 en la forma de un programa gubernamental llamado Programa de Industrialización Fronteriza que propició el establecimiento de empresas de tipo maquilador¹⁶⁵ como una medida para enfrentar de manera temporal la grave situación de desempleo que azotaba la zona norte del país. Entre los objetivos y características con que se concibió este programa se buscaba fomentar “[...] el establecimiento de plantas intensivas en mano de obra fuertemente vinculadas a la exportación a lo largo de la frontera norte, ofreciendo un acceso exento de impuestos para la importación de insumos y maquinaria, además de la exención del impuesto al valor agregado (IVA) y del impuesto sobre la renta (ISR)”.¹⁶⁶

¹⁶⁰ La industria manufacturera comprende las actividades de transformación mecánica, física o química de materiales o sustancias con el fin de obtener productos nuevos, también se considera como manufacturas las actividades de maquila; el ensamble de partes y componentes o productos fabricados; la reconstrucción de maquinaria y equipo industrial, comercial, de oficina y otros; y el acabado de productos manufacturados mediante el teñido, tratamiento calorífico, enchapado y procesos similares y la mezcla de materiales, como aceites lubricantes, resinas plásticas, pinturas y licores, entre otras, en: INEGI (2010), *Sistema de Cuentas Nacionales de México: Cuentas de bienes y servicios 2003-2008, Año base 2003*, Tomo I, primera versión, México.

¹⁶¹ Es necesario aclarar que el presente apartado no tiene como fin realizar un diagnóstico exhaustivo de la manufactura ya que esto se ha realizado anteriormente en diversas formas y por multitud de investigadores.

¹⁶² Moreno-Brid, Juan C., Jesús Santamaría y Juan C. Rivas V. (2005), “Manufactura y TLCAN: un camino de luces y sombras,” en Urías Brambila Homero (ed.) *Economía UNAM*, vol. 3, núm. 8, Ed. Facultad de Economía, U.N.A.M., México, p. 96.

¹⁶³ Ros, J. (1994), “Mexico’s Trade and Industrialization Experience since 1960,” en G.K. Helleiner (ed.) *Trade Policy and Industrialization in Turbulent Times*, Ed. Routledge, Londres, Inglaterra.

¹⁶⁴ Moreno-Brid, Juan C., Jesús Santamaría y Juan C. Rivas V. (2005), *op. cit.*, p. 96.

¹⁶⁵ Se considera como establecimiento maquilador a aquella unidad económica que realiza una parte del proceso de producción final de un artículo, por lo regular de ensamblado, misma que se encuentra en territorio nacional y mediante un contrato de maquila se compromete con una empresa matriz, ubicada en el extranjero, a realizar un proceso industrial o de servicio destinado a transformar, elaborar o reparar mercancías de procedencia extranjera, para lo cual importa temporalmente partes, piezas y componentes, mismos que una vez transformados son exportados, en: INEGI (2007), *Estadísticas Económicas: Industria Maquiladora de Exportación*, Publicación mensual: Febrero, México.

¹⁶⁶ Moreno-Brid, Juan C., Jesús Santamaría y Juan C. Rivas V. (2005), *op. cit.*, p. 97.

En un principio, con el fin de evitar un impacto negativo en la estructura productiva nacional, se busco proteger a las empresas que se enfocaban a la producción para el mercado interno limitando las ventas que podían realizar las empresas maquiladoras en el mercado nacional a solo un pequeño porcentaje de sus ventas totales. A pesar de esto, este esquema resulto altamente favorable para las empresas extranjeras que establecieron parte de sus operaciones en México al amparo de este programa a causa del relativo bajo costo de instalación de sus procesos, por los beneficios fiscales y aduaneros que recibieron, por la cercanía geográfica del país con el mercado de Estados Unidos, pero lo más importante, porque les permitió reducir de forma drástica los costos asociados con la mano de obra por los bajos salarios con relación a su productividad que históricamente han percibido los obreros mexicanos.

En retrospectiva, durante la fase de sustitución de importaciones, la estrategia de desarrollo industrial delineada por los gobiernos en México tuvo logros importantes, ya que:

Ésta transformó al país de una economía agraria a una sociedad urbana y semi-industrial. A partir de 1940, y hasta mediados de los años setenta, el PIB real de México creció a una tasa anual de 3.1% por habitante. La manufactura fue la fuerza impulsora del crecimiento; la producción de este sector se expandió a una tasa promedio cercana a 8% anual, impulsada por una demanda interna muy dinámica. En este período, la proporción de la manufactura en el PIB se elevó diez puntos y alcanzó 25%.¹⁶⁷

Ahora bien, en el contexto internacional, tal como lo mencionamos en el capítulo precedente, a mediados de la década de 1970 se gestó una severa crisis general del capitalismo y sus repercusiones llevaron a profundas transformaciones del sistema, sin embargo, en el caso de México, sus efectos no se propagaron efectivamente en la estructura económica sino hasta que el colapso del mercado internacional de petróleo en 1981, y el aumento de las tasas de interés de Estados Unidos provocaron el advenimiento de la crisis de la deuda del gobierno de López Portillo a finales de 1982. En ese sentido, si bien las políticas económicas impulsadas por los sucesivos gobiernos mexicanos desde la década de 1940 tenían entre sus objetivos el dirigir el proceso de desarrollo industrial por medio de una fuerte intervención estatal que favorecía el proteccionismo comercial y limitaba la inversión extranjera, en contraposición, a partir de la gestión del presidente De la Madrid, se aceleró la puesta en marcha una serie de políticas económicas prescritas por el Fondo Monetario Internacional y el Banco Mundial,¹⁶⁸ cuyos resultados, en los hechos, implicaron un cambio radical en la estructura económica del país ya que disminuyeron aceleradamente la intervención del Estado en la economía, favorecieron la apertura comercial, facilitaron el ingreso de inversiones extranjeras en prácticamente todas las actividades económicas, y reorientaron el rumbo del desarrollo industrial hacia un patrón de producción manufacturero de tipo exportador,¹⁶⁹ en el cual las empresas maquiladoras cobraron un mayor protagonismo, lo que implicó, trágicamente para el mercado interno, la progresiva desarticulación de los encadenamientos

¹⁶⁷ Moreno-Brid, Juan C., Jesús Santamaría y Juan C. Rivas V. (2005), *op. cit.*, p. 97.

¹⁶⁸ Estas políticas formaron parte de los programas de estabilización y ajuste que estos organismos impusieron a México y otros países latinoamericanos a través del condicionamiento del otorgamiento de ayuda financiera para renegociar el pago de sus deudas. A grandes rasgos estas políticas pueden sintetizarse en las 10 recomendaciones de política económica del *Consenso de Washington*, a saber: 1) Asegurar la disciplina fiscal, con un déficit operativo de no más del 2% del PIB; 2) Establecer prioridades de gasto público, es decir, eliminar todos los subsidios; 3) Incrementar el ingreso fiscal, al ampliar la base gravable y moderar las tasas marginales; 4) Liberalizar las tasas de interés; 5) Establecer un régimen flexible del tipo de cambio; 6) Liberalizar el comercio exterior; 7) Liberalizar los flujos de inversión extranjera; 8) Privatizar empresas paraestatales para conseguir más eficiencia; 9) Desregular para promover la competencia; 10) Garantizar los derechos de propiedad, recuperado de: Moreno-Brid, Juan C., Esteban Pérez C. y Pablo Ruiz (2004), "El Consenso de Washington: Aciertos, Yeros y Omisiones," en *Perfiles Latinoamericanos*, diciembre, núm. 25, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Distrito Federal, México.

¹⁶⁹ La política de fomento a las exportaciones consiste en un esfuerzo deliberado para aprovechar las ventajas comparativas, es decir, si un país tiene abundancia relativa de un factor, ya sea trabajo o capital, tendrá una ventaja comparativa y competitiva en la producción de aquellos bienes que requieran una mayor cantidad de ese factor, o sea que los países tienden a exportar los bienes que son intensivos en los factores con que están abundantemente dotados, puede profundizarse en el tema en: Krugman, P., y M. Obstfeld (2001), *Economía Internacional: Teoría y Política*, 5ta. ed., Ed. Addison Wesley, Madrid, España.

productivos locales que antes fueron promovidos por el Estado. Y más aún, sus efectos no se limitaron a la esfera industrial, ya que como eje central de sus políticas, los distintos gobiernos “[...] comenzaron a desmembrar los programas de bienestar social, a debilitar la legislación laboral, a dar los primeros pasos hacia el desmantelamiento del sector estatal y a permitir la compra en gran escala de las empresas públicas por extranjeros [...] así como a dar prioridad al pago de la deuda externa a expensas del desarrollo social y económico [de su propio país]”.¹⁷⁰

Una vez que hemos establecido los antecedentes de la evolución del sector manufacturero en México, ahora es preciso que realicemos un balance de la situación actual de algunos parámetros de interés de la estructura económica mexicana relacionados con este sector para estar en condiciones de realizar nuestras recomendaciones en lo que concierne a las tendencias actuales de la robótica expuestas en el capítulo anterior.

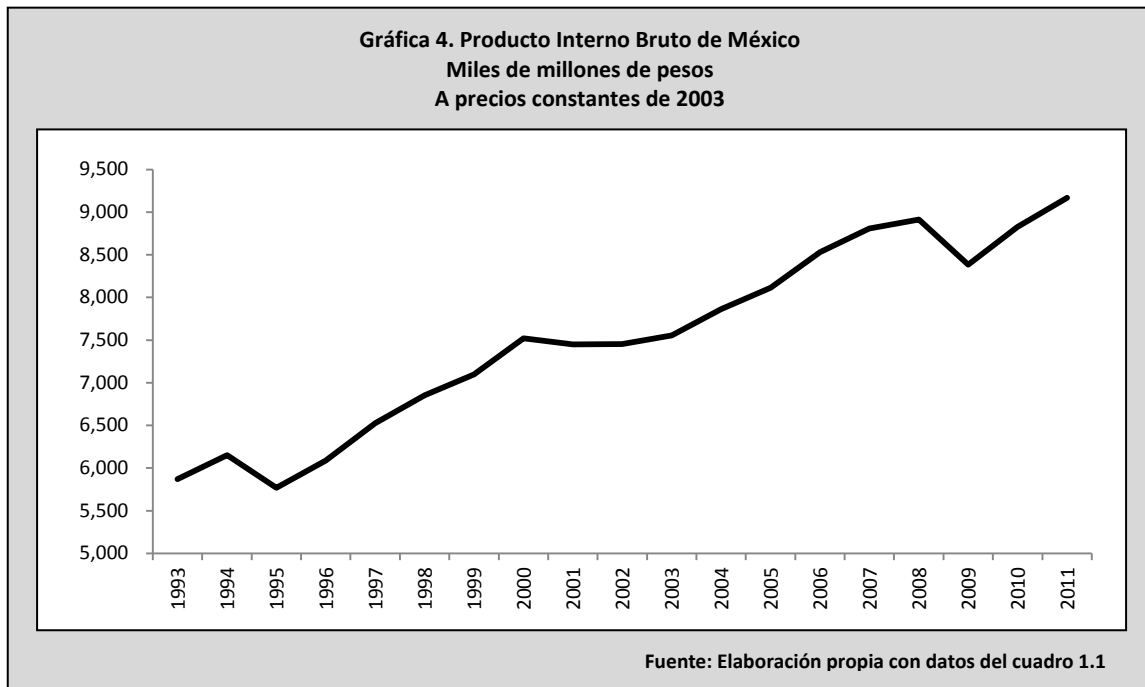
3.2. Situación actual de la estructura de la industria manufacturera en México

Son tres aspectos los que consideramos como los más relevantes para comprender la estructura actual de la industria manufacturera, a saber, la evolución reciente del valor del producto y del empleo en ese sector con relación al resto de la economía nacional; su efectiva orientación hacia el mercado externo; y finalmente, las particularidades relacionadas con las proporciones que guardan cada uno de los subsectores que componen su estructura en aspectos tales como el número de establecimientos, el número de personas que ocupan, la fuente de sus ingresos, entre otros.

En primer lugar, es menester que dimensionemos la relevancia de la industria manufacturera en el conjunto de la economía nacional y para ello es requisito que previamente analicemos el comportamiento reciente del Producto Interno Bruto. En ese sentido, realizando un ejercicio simple, si comparamos el valor del PIB de México del año de 1993 con el del año 2011¹⁷¹ puede constatar un incremento de más del 56% en términos reales en este parámetro, y más aún, en el transcurso de los dieciocho años que comprenden el periodo, el PIB promedió un crecimiento de cerca de 2.6% anual, esto, pese a que estuvo sujeto a constantes variaciones y su evolución fue marcada por dos severas crisis económicas. La primera de estas crisis se gestó en nuestro propio país a finales de 1994 y durante el año 1995, y entre sus repercusiones, en términos puramente relacionados a su magnitud económica, vemos que provocó una disminución real de más del 6% del PIB en el año de 1995. La segunda crisis a la que hacemos referencia, tal como vimos en el capítulo anterior, se desencadenó a finales de 2008 y se agudizó durante 2009 implicando nuevamente una disminución del PIB de casi un 6% en términos reales. Esta crisis reciente aun deja sentir sus efectos tanto en nuestro país como a nivel global.

¹⁷⁰ Petras, James y Morris Morley (1999), “Los ciclos políticos neoliberales: América Latina ‘se ajusta’ a la pobreza y a la riqueza en la era de los mercados libres,” en John Saxe Fernández (Coord.) *Globalización crítica a un paradigma*, Ed. Plaza y Janés, Ciudad de México, México, p. 217.

¹⁷¹ Los intervalos de tiempo elegidos para cada parámetro analizado a lo largo de este capítulo estarán en función de la disponibilidad de los datos más actualizados.

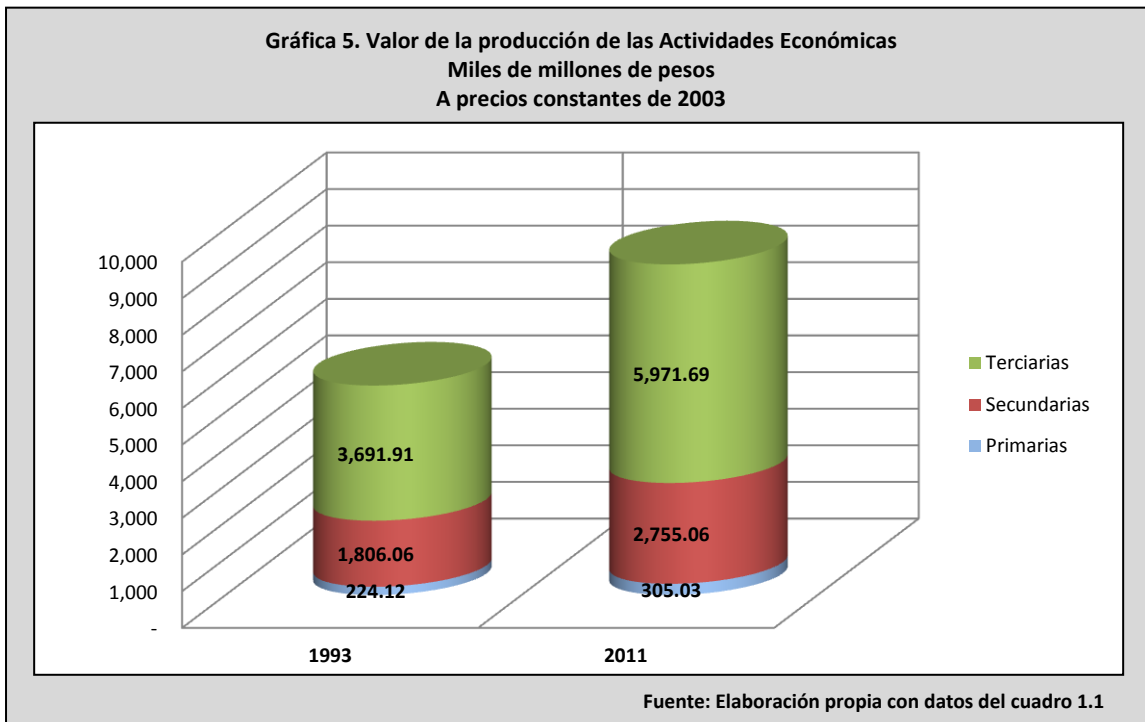


En ese contexto, si avanzamos en el proceso de desagregación de los componentes del PIB para llegar al tema de nuestro interés, la industria manufacturera, podemos constatar en primera instancia que no obstante el breve periodo de tiempo que ha transcurrido entre los años de 1993 al 2011 este lapso fue suficiente para que se modificara, si bien de manera modesta, la proporción que guardan las distintas actividades económicas en su respectiva aportación al valor del PIB en términos reales. Originalmente, en 1993 las *Actividades Primarias*,¹⁷² *Secundarias*¹⁷³ y *Terciarias*¹⁷⁴ de la economía contribuían respectivamente con el 4%, 31% y 63% de la producción nacional, en comparación, para el año 2011 su aportación pasó a ser del orden del 3%, 30% y 65% respectivamente. En ese sentido, se aprecia un ligero, aunque significativo, avance en la consolidación de la predominancia de las actividades terciarias en la economía mexicana, esto en detrimento de los otros dos grandes rubros de actividad. A pesar de ello, si contrastamos el valor de la producción de cada actividad económica al inicio del periodo con el monto que representó esta al final, entonces, ciertamente es posible apreciar un crecimiento considerable en todas ellas, a saber, las actividades primarias experimentaron un crecimiento real del 36%, las actividades secundarias del 53% y las terciarias uno del orden del 62%, tal como puede visualizarse en la siguiente gráfica.

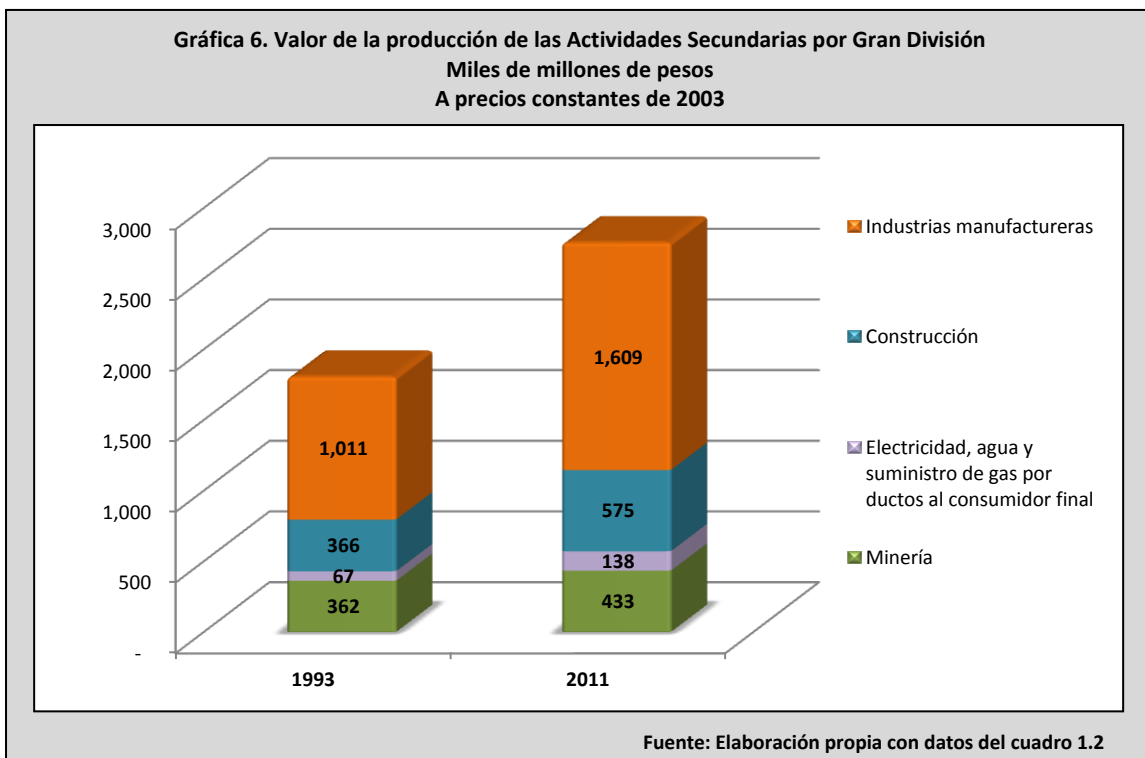
¹⁷² Las Actividades Primarias incluyen todas las actividades donde los recursos naturales se aprovechan tal como se obtienen de la naturaleza, ya sea para alimento o para generar materias primas. De acuerdo al objeto de su aprovechamiento, sus grandes divisiones son: Agricultura, Explotación Forestal, Ganadería, Pesca y Caza.

¹⁷³ Las Actividades Secundarias se caracterizan por el uso predominante de maquinaria y de procesos cada vez más automatizados para transformar las materias primas. Incluye las fábricas, talleres y laboratorios de todos los tipos de industrias. De acuerdo a lo que producen, sus grandes divisiones son: Construcción, Minería, Industria Manufacturera y Electricidad, Gas y Agua.

¹⁷⁴ Las Actividades Terciarias consisten básicamente en la prestación de algún servicio. No producen bienes materiales; se reciben los productos elaborados en el sector secundario para su venta; también ofrece la oportunidad de aprovechar algún recurso sin llegar a ser dueños de él. Algunas de sus grandes divisiones son: Comercio, Comunicaciones y Transportes, Servicios Financieros, Inmobiliarios, Profesionales, Educativos, de Salud, Esparcimiento y Actividades del Gobierno.



Como cabe esperarse, un fenómeno similar acontece al desagregar las cifras del valor de la producción de las actividades secundarias en sus grandes divisiones en los años de 1993 y 2011. Durante el periodo referido todas las grandes divisiones de las actividades secundarias experimentaron un notable crecimiento en términos reales, empezando por la minería que registro un crecimiento del 20%, por su parte las industrias de electricidad, agua y suministro de gas por ductos al consumidor final doblaron de manera efectiva el valor de su producción al crecer un 104%, por otro lado, la industria de la construcción hizo lo propio con un incremento del 57%, y finalmente, la industria manufacturera creció un 59% y entre los años que transcurrieron en el periodo promedió un crecimiento cercano al 2.8% anual.

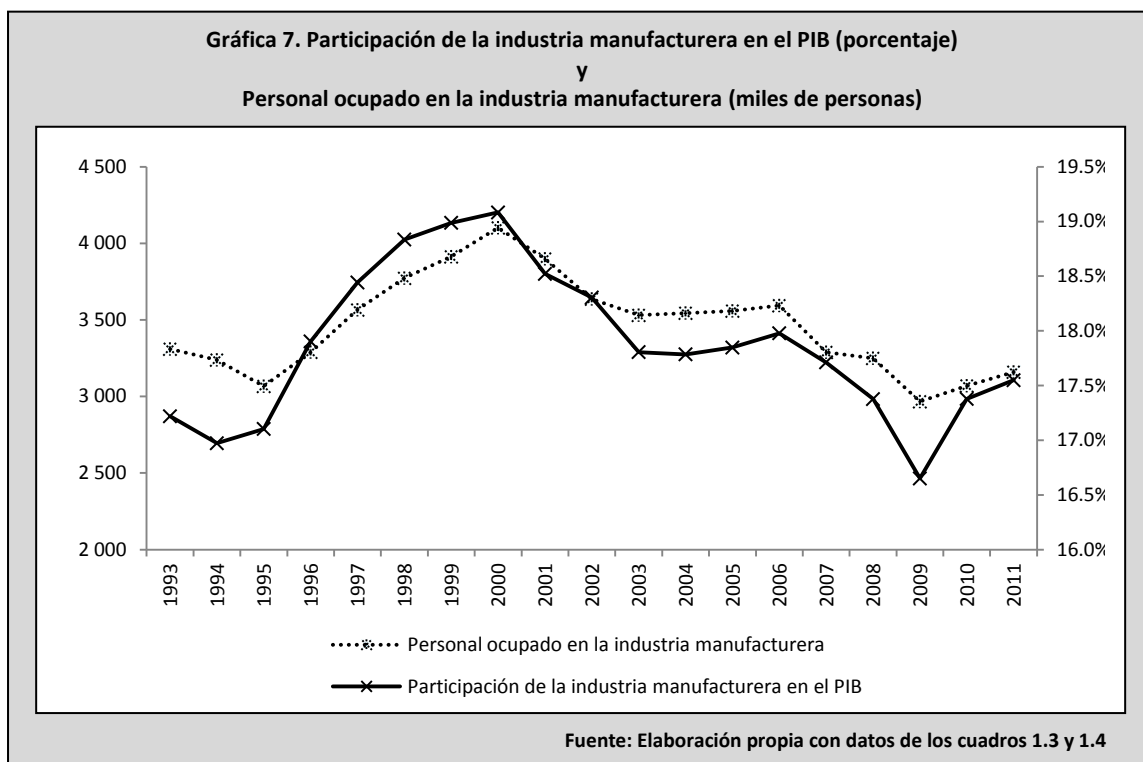


A pesar que el valor de la producción de la industria manufacturera ha presentado un considerable crecimiento real entre los años de 1993 y 2011, superior incluso al crecimiento del propio PIB en un 3%, no ocurrió lo mismo con la proporción que representa esta industria en el valor PIB, en el total del personal ocupado en este sector, ni en la proporción que representa esto último con relación a la Población Económicamente Activa (PEA).¹⁷⁵ En ese sentido, en una primera instancia, en el año 1993, la industria manufacturera represento el 17.2% del valor total del PIB y dio ocupación a más de 3 millones 310 mil personas, lo que represento un 9.8% de la PEA. No obstante que estuvieron sujetos a fluctuaciones, estos parámetros crecieron de manera sostenida hasta el año 2000, momento en el que alcanzaron su punto máximo, a saber, el valor del producto de la industria manufacturera llegó a ubicarse como el 19% del total del PIB, el personal ocupado se situó en 4 millones 102 mil personas y su proporción con respecto a la PEA supero el 10.2%. Sin embargo, a partir de esa fecha se inicio un continuo e inexorable declive tanto en la proporción que guarda el producto de esta industria con el PIB como también en el personal al que brindo ocupación, situándose en el 17.5% y empleando a 3 millones 160 mil personas, lo que determino que en el año 2011 ambos parámetros prácticamente regresaran al mismo nivel que representaban en el año de 1993. De forma paralela, la proporción del personal ocupado en las manufacturas con respecto a la PEA enfrento una dramática disminución al llegar a ser solo el 6.5% del total en 2011, por tanto, este parámetro se ubico muy por debajo del valor que represento originalmente al inicio del periodo analizado, eliminando de manera efectiva cualquier avance que hubiese logrado en ese aspecto.

La aparente contradicción entre el crecimiento en términos reales del valor del producto de la industria manufacturera emparejado al estancamiento del personal ocupado en ese sector, así como en la aportación de las manufacturas al valor del PIB y la debacle en la proporción que representa el empleo en las manufacturas en el total de la PEA, indica, en primer lugar, que la industria se ha vuelto más productiva en términos reales al emplear prácticamente la misma cantidad de trabajadores y sin embargo obtener un mayor producto, y en segundo lugar, todo apunta a que antes que presentar una mejora, las proporciones que guarda esta industria con la PEA y el PIB continuarán su proceso de franco declive conforme avance la tendencia de la consolidación de la preponderancia de las actividades económicas relacionadas con el sector terciario de la economía nacional con respecto a las actividades primarias y secundarias.¹⁷⁶

¹⁷⁵ De acuerdo con el INEGI, la PEA son las personas de 14 o más años que en la semana de referencia realizaron algún tipo de actividad económica (población ocupada) o bien buscaron incorporarse a algún empleo (población desocupada).

¹⁷⁶ De acuerdo con Dussel, el fenómeno de la caída de la participación de la industria manufacturera en el PIB cobro especial relevancia a partir del año de 1988 cuando esta relación representaba cerca del 25% del total, en: Dussel P., Enrique (2011), "La manufactura en México: condiciones y propuestas en el corto, mediano y largo plazo," en José Luis Calva (ed.) *Nueva política de industrialización*, vol. 7 de Análisis Estratégico para el Desarrollo, Juan Pablos Editor/Consejo Nacional Universitario, México, p. 14.



Vinculo con el mercado externo

El segundo aspecto de interés para entender la situación actual de la industria manufacturera concierne a su efectiva orientación hacia el mercado externo, fenómeno que como vimos previamente, inicio desde la década de 1980 como resultado de las transformaciones radicales en la estructura socioeconómica de México, y de manera particular en su estructura industrial, propiciados por la puesta en marcha de políticas económicas de corte Neoliberal, en cuyos objetivos se encontraba el explotar el potencial de esta nación como plataforma de exportación de productos intensivos en mano de obra barata hacia Estados Unidos,¹⁷⁷ el mercado más grande del mundo. En ese sentido, el proceso de reorientación de los objetivos de la industria manufacturera para convertirla en una actividad crecientemente exportadora ha supuesto un cambio profundo en la composición de las exportaciones mexicanas. Esto se manifestó a partir de la primera mitad de los años ochentas, momento en el cual las exportaciones eran dominadas por las exportaciones petroleras al representar más del 80% del total.¹⁷⁸ Desde esa fecha se ha incrementado de manera progresiva y acelerada el volumen de las exportaciones manufactureras, lo que ha determinado que llegasen a constituir más del 88% del total de las exportaciones nacionales en el año 2011. Consecuentemente, en la actualidad existe una clara predominancia de la participación de la industria manufacturera entre aquellas actividades económicas en México vinculadas con el mercado externo. Como es de esperarse, el principal destino para las exportaciones mexicanas es el mercado de EE.UU., ya que en el año 2011 este país absorbió el 78% del total de las exportaciones no petroleras de México.¹⁷⁹ Sin embargo, esta estrecha relación ha determinado que la dinámica exportadora del sector se encuentre subordinada y sea crecientemente dependiente del desempeño de la economía estadounidense y de las estrategias globales de las corporaciones

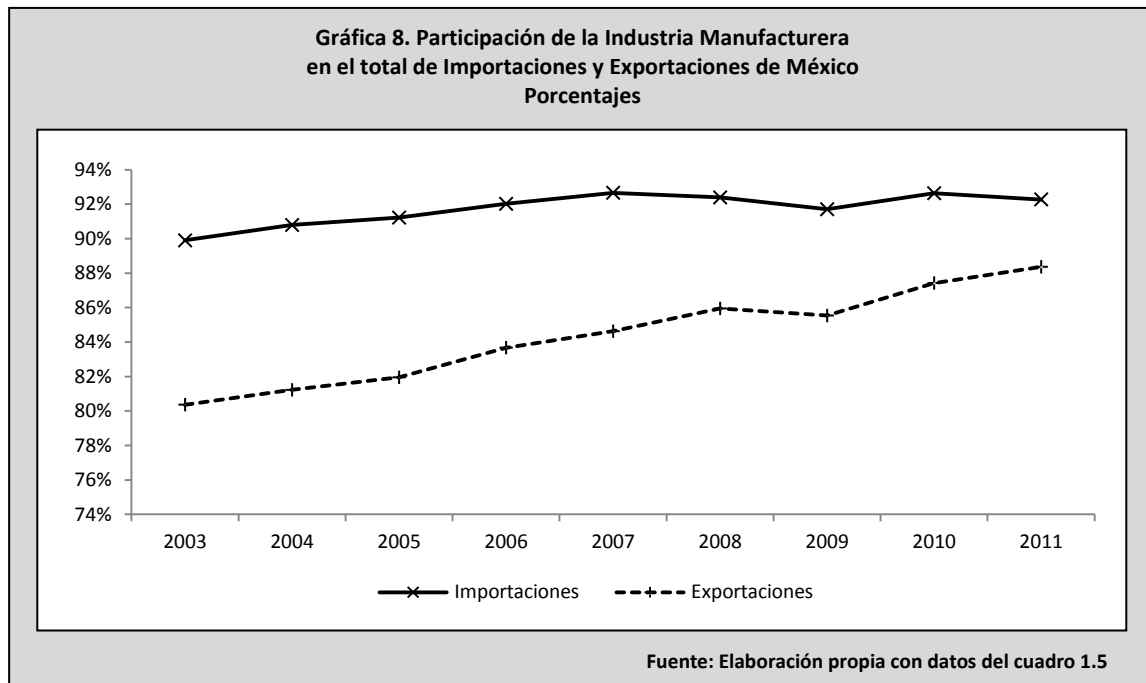
¹⁷⁷ Mariña F., Abelardo (2004), "Balance y perspectivas de la industria manufacturera mexicana tras veinte años de reestructuración neoliberal: Integración subordinada a Estados Unidos, desindustrialización y precarización del empleo," en *IX Jornadas de economía crítica sobre perspectivas del capitalismo a escala mundial: ¿más destrucción económica y más regresión social?*, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad Complutense, Madrid, España, 25-27 de marzo de 2004, p.p. 2-3.

¹⁷⁸ Dussel P., Enrique (2011), *op. cit.* p. 17.

¹⁷⁹ Dato calculado de manera propia en base a información relativa a la balanza comercial de mercancías por países y zonas geográficas proporcionada por el INEGI, recuperada el 11 de enero del 2013.

transnacionales, que tienen un peso muy alto en las exportaciones, tanto tradicionales como maquiladoras.¹⁸⁰

Ahora bien, este fenómeno no es exclusivo de las exportaciones, ya que lo mismo puede verificarse en el rubro de importaciones, es decir, el proceso de reorientación de los objetivos de la industria manufacturera hacia el mercado externo también ha implicado que actualmente sea este sector el que requiera la mayor parte de las importaciones realizadas en el país, llegando a representar un volumen superior al 92% del total en el año 2011. Y más aún, de manera consistente, el volumen de las importaciones de la industria manufacturera ha sido mayor que el de sus exportaciones, convirtiéndola en una importadora neta (ver Cuadro 1.6 del anexo), en otras palabras, las transformaciones de la estructura y objetivos de la industria manufacturera han determinado que sea altamente dependiente de las importaciones para realizar sus procesos productivos. Esto pone en evidencia que la industria manufacturera se encuentra desvinculada en gran medida del resto de las actividades económicas del país, confirmando el abandono efectivo de los encadenamientos productivos que otrora fueron promovidos por el Estado mexicano durante el proceso de industrialización orientado a la sustitución de importaciones al que nos referimos previamente.



Particularidades de los subsectores que componen la actividad manufacturera

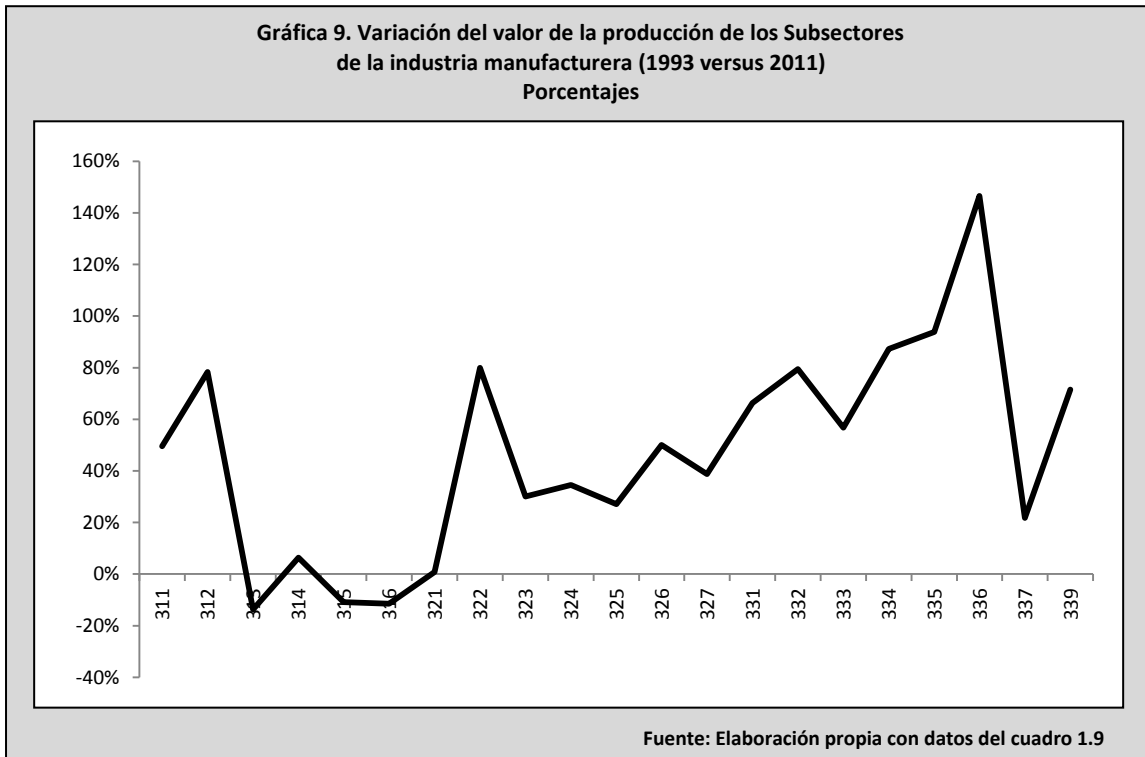
Finalmente, el tercer aspecto de interés sale a la luz al profundizar en la desagregación de la propia estructura de la industria manufacturera hasta llegar a los *subsectores*¹⁸¹ que la componen, lo cual nos revela que esta industria es, por mucho, profundamente heterogénea.

Como cabe esperarse, el incremento real del valor de la producción de la industria manufacturera registrado de 1993 a 2011 al que nos hemos referido previamente es fruto del *crecimiento del valor del producto en prácticamente todos sus subsectores*. Solo tres de ellos fueron la excepción a esta tendencia al experimentar una disminución real en el valor de su producto, y fueron los subsectores 313: Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles; 315: Fabricación de

¹⁸⁰ Mariña F., Abelardo (2004), *op.cit.*, p.p. 2-3.

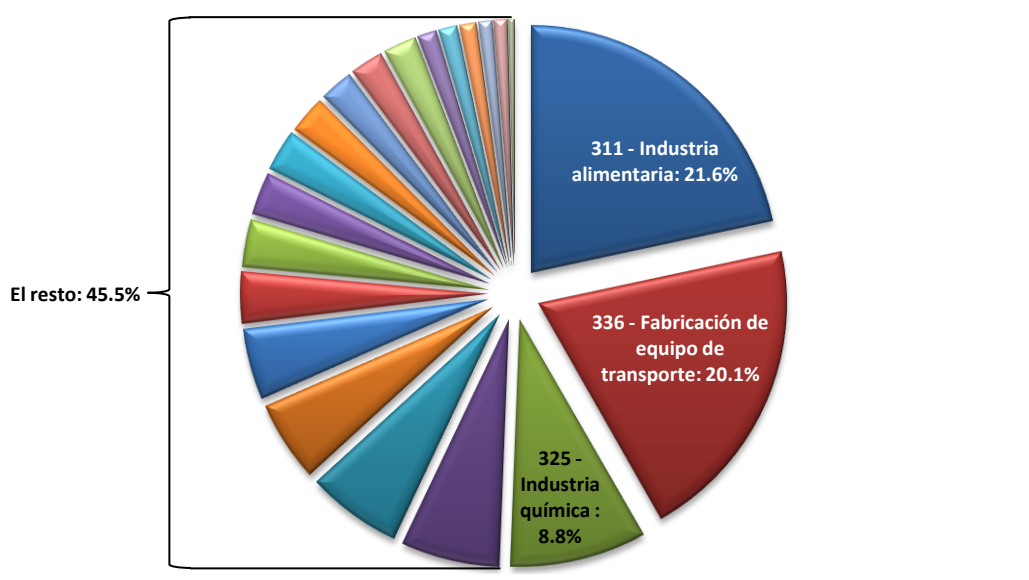
¹⁸¹ De acuerdo con el INEGI, las empresas que componen la industria manufacturera se clasifican en 21 subsectores de acuerdo a lo que producen (ver cuadro 1.7 del anexo).

prendas de vestir; y el 316: Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos, los cuales se redujeron en 13.7%, 10.9% y 11.4% respectivamente. Adicionalmente, el subsector 321: Industria de la madera no tuvo un crecimiento significativo al ser este de solo un 0.8%. El resto de los subsectores experimento un incremento de 59.9% en promedio, siendo el menor de ellos del orden de 6.4% en el subsector 314: Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir, y el mayor de ellos en el subsector 336: Fabricación de equipo de transporte, el cual incremento el valor de su producto de forma espectacular al ubicarse este en más del 146%.



No obstante la dinámica común de crecimiento que mostraron en conjunto los subsectores, las similitudes entre ellos sólo llegan hasta ese punto, ya que si profundizamos y centramos el análisis en el año 2011, es fácil identificar un alto grado de heterogeneidad en la estructura de la industria manufacturera. Así por ejemplo, con relación a *la proporción que representa cada subsector en el valor de la producción de la industria* se observa una clara concentración de este parámetro en sólo tres subsectores, a saber, el subsector 311: Industria alimentaria con el 21.6%; el subsector 336: Fabricación de equipo de transporte que aporta el 20.1%; y el subsector 325: Industria química con 8.8%, lo que en conjunto los lleva a contribuir con casi el 51% del total. Los 18 subsectores restantes sólo contribuyen en promedio con un 2.7%.

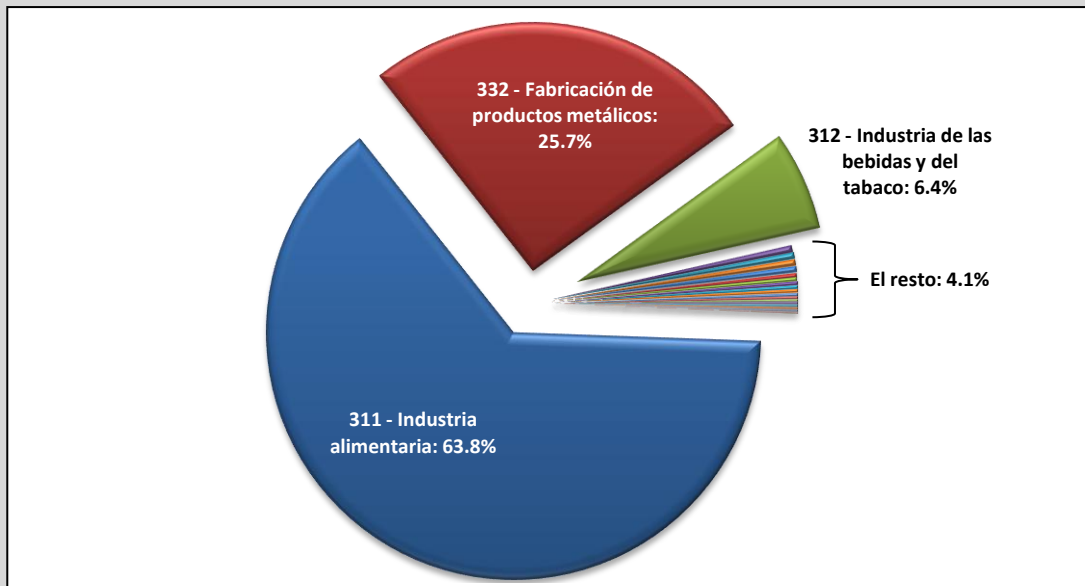
Gráfica 10. Participación de los distintos Subsectores en el volumen de la producción bruta total de la industria manufacturera año 2011



Fuente: Elaboración propia con datos del cuadro 1.8

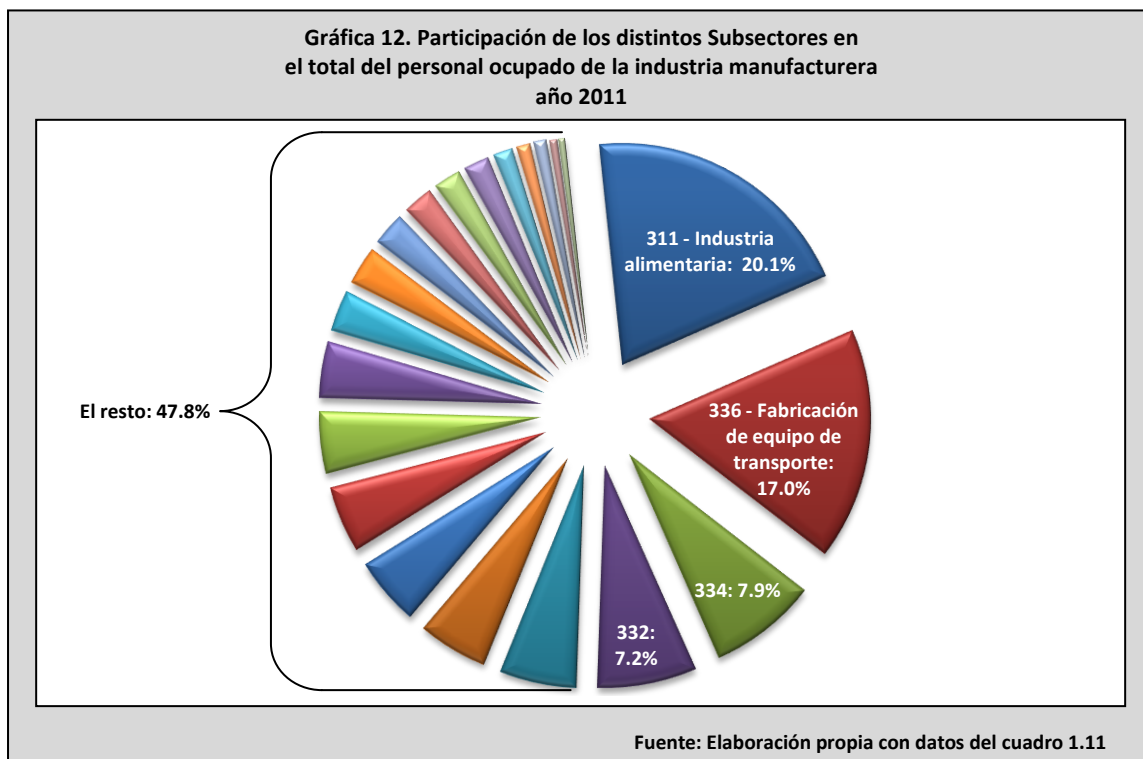
Un fenómeno similar ocurre en el rubro del *número de establecimientos de cada subsector con relación al total de la industria*, sin embargo, en este caso observamos que tres subsectores concentran aproximadamente el 96% del total, y son el 311: Industria alimentaria con el 63.8%, el 332: Fabricación de productos metálicos con el 25.7% y finalmente el 312: Industria de las bebidas y del tabaco con 6.4%, el resto de los subsectores representa en promedio solo un 0.2% del total.

Gráfica 11. Participación de los distintos Subsectores en el total de establecimientos de la industria manufacturera año 2011



Fuente: Elaboración propia con datos del cuadro 1.11

Como cabe esperarse, existe una correspondencia prácticamente directa entre el valor de la producción y el número de personas ocupadas en cada subsector, ya que los dos subsectores que concentran la mayor proporción del valor del producto de la industria son también los mayores empleadores, a saber, el subsector 311: Industria alimentaria con el 20% y el subsector 336: Fabricación de equipo de transporte con el 17% del total. Sin embargo, es de destacar dos excepciones a esta regla ocurridas en el subsector 334: Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos y en el subsector 332: Fabricación de productos metálicos, los cuales se ubican en la 7ª y 8ª posición en la proporción del valor del producto total de la industria al aportar el 4.6% y el 3.3% respectivamente, y por otro lado, se ubican en la 3ª y 4ª posición en la proporción del personal ocupado del total de la industria al emplear al 7.9% y 7.2%.

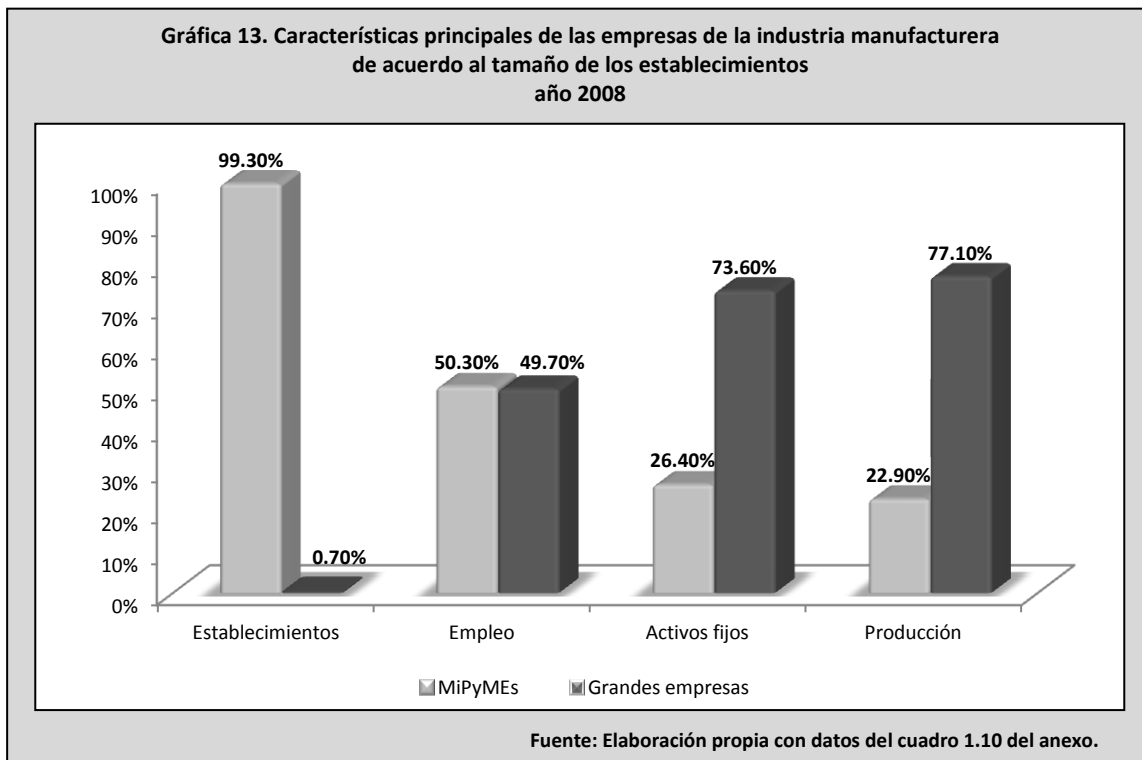


Si atendemos a la relación que existe entre el número de personas ocupadas por establecimiento en cada subsector podemos constatar una alta fragmentación en la generalidad de la industria, lo que implica una predominancia de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas¹⁸² (MiPyMEs) en la estructura industrial de las manufacturas. Esta afirmación puede validarse, como una primera aproximación, al realizar el ejercicio simple de dividir el total de personas ocupadas entre el correspondiente número total de establecimientos de cada subsector. En este contexto surgen dos casos contrastantes, el primero de ellos es el del subsector 311: Industria alimentaria, el cual, no obstante se ubica en el primer lugar por su aportación al valor del producto total del sector, debido a que también es el primer lugar tanto en el número de establecimiento como en la proporción del número de personas ocupadas del total de la industria, esto determina que ocupe el penúltimo lugar en la relación del número de personas ocupadas por establecimiento en cada subsector, ya que en promedio ocupa solo 5 personas para llevar a cabo sus procesos productivos. En contraposición, el subsector 336: Fabricación de equipo de transporte, al ubicarse en el segundo lugar tanto en su aportación al valor del producto como en la proporción del número de personas

¹⁸² El criterio para clasificar a una empresa como micro, pequeña, mediana o grande es en función al número de personas ocupadas en cada unidad económica, así, se considera como establecimiento *micro* a aquellos que ocupan hasta 10 personas; *pequeños* a aquellos que ocupan de 11 a 50 personas; *medianos* a aquellos que ocupan de 51 hasta 250 personas; y finalmente los establecimientos *grandes* son aquellos que ocupan más de 251 personas, en: INEGI (2011), "Micro, pequeña, mediana y gran empresa: Estratificación de los establecimientos," *Censos Económicos 2009*, México.

ocupadas del total de la industria, pero con una representación de solo un 0.4% del total de los establecimientos, es el subsector que más personas ocupa por establecimiento en promedio, con 629 personas.

También es posible constatar la alta fragmentación de la industria manufacturera de una forma más específica, aunque no tan actualizada, si consideramos los datos arrojados por los censos económicos, así, de acuerdo con el INEGI¹⁸³ en el año 2008 las empresas micro, pequeñas y medianas representaron el 99.3% del total de las unidades económicas del sector, 50.3% del personal ocupado total, concentraron el 26.4% de los activos fijos y generaron 22.9% de la producción bruta total, es decir, prácticamente todos los establecimientos de la industria manufacturera son micro, pequeños y medianos, concentran la mitad de las personas empleadas en el sector, pero solo una cuarta parte de los activos fijos, lo que en conjunto determina que generen una pequeña parte del total de la producción. Por otra parte, las empresas grandes representaron sólo 0.7% del total de unidades económicas, el 49.7% de la ocupación, el 73.6% del total de los activos fijos, y generaron el 77.1% del valor del producto bruto total, es decir, solo unas pocas empresas grandes determinan la evolución del sector al concentrar la mitad del personal ocupado, cerca de tres cuartas partes de los activos fijos totales y al generar la mayor parte del volumen total de la producción de la industria.



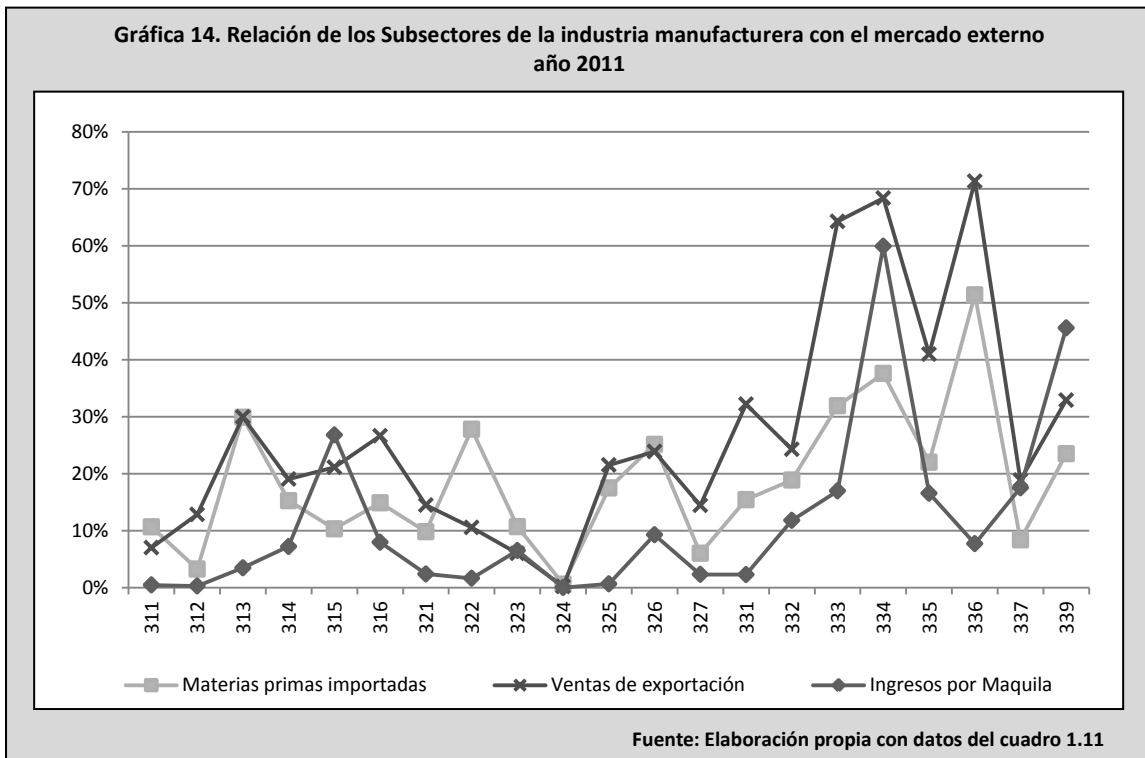
No obstante que, como vimos previamente, en términos generales la industria manufacturera se encuentra fuertemente vinculada con el mercado externo, en congruencia con la heterogeneidad en la estructura del sector existen crecientes disparidades en este tema entre los subsectores que lo componen.

En ese sentido, por el lado de las exportaciones, en el año 2011 la industria en conjunto realizó en esta forma el 28.1% de las ventas de sus productos elaborados, sin embargo, a su vez requirió importar el 24.9% de sus insumos en la forma de materias primas para llevar a cabo sus procesos productivos. Al respecto destacan tres subsectores: el 336: Fabricación de equipo de transporte; el 334: Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos,

¹⁸³ INEGI (2011), *op. cit.* p. 24.

componentes y accesorios electrónicos; y el 333: Fabricación de maquinaria y equipo; los cuales, por un lado, realizaron una parte mayoritaria de sus ventas en el mercado externo al representar estas el 71.3%, el 68.4% y el 64.3% del total respectivamente, y por otro lado, también fueron los principales importadores de materias primas, las cuales llagaron a representar el 51.4%, el 37.6% y el 31.9% del total de sus insumos. En contraposición tenemos el caso del subsector que constantemente aparece en nuestro análisis, el subsector 311: Industria alimentaria, el cual, como vimos, concentra la mayor proporción de los establecimientos y una quinta parte aproximadamente tanto del personal ocupado como del valor del producto del sector, no obstante sus ventas de exportación solo representaron un 7% de sus ventas totales y requirió importar el 10.6% de sus insumos en la forma de materias primas. Estos ejemplos no hacen sino reforzar la idea de que la estructura de la industria se encuentra altamente fragmentada en micro, pequeñas y medianas empresas, y que mayoritariamente son las grandes empresas las que participan de manera efectiva en el mercado internacional.

Otro aspecto de interés sobre la relación de la industria manufacturera con el mercado externo es la importante presencia de empresas maquiladoras para el mercado extranjero dentro de la estructura de la industria. En algunos subsectores es trascendental la participación de este tipo de empresas, y por tanto, la proporción de los ingresos que obtienen de este tipo de actividad. Los principales ejemplos los encontramos en el subsector 334: Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos; el 339: Otras industrias manufactureras; y en el 315: Fabricación de prendas de vestir, para los cuales los ingresos que obtienen por actividades maquiladoras para el mercado extranjero les representa el 59.9%, el 45.6% y el 26.8% del total del valor bruto de la producción respectivamente. En otras palabras, es posible constatar una importante presencia de empresas maquiladoras entre las empresas que componen estos subsectores, con su resultante especialización en procesos de ensamble de partes y componentes importados.



Ahora bien, como puede apreciarse en el Cuadro 1.11 del anexo, en el año 2011 el valor de las ventas de productos de exportación es superior al valor de las materias primas importadas tanto para la industria en su conjunto como prácticamente para cada uno de los diversos subsectores que la componen, esto podría interpretarse como una contradicción si consideramos que

previamente planteamos que la industria manufacturera es importadora neta, sin embargo, este no es el caso, ya que las materias primas representan solo una parte de las importaciones totales, es decir, esta cifra no incluye la importante cuantía que representan las importaciones de maquinaria y equipo¹⁸⁴ que realiza el sector. Lamentablemente, a falta de una fuente confiable para obtener información desagregada en este rubro relativa a cada subsector hemos de recurrir nuevamente al uso de cifras que atañen a la generalidad de la industria a fin de brindar un panorama de este tema. En ese sentido, de acuerdo con la información disponible en INEGI relacionada con la Balanza Comercial de la Industria Manufacturera en el año 2011, las importaciones de Productos Metálicos, Maquinaria y Equipo representaron el 60.3% del volumen total de las importaciones del sector. Si continuamos con el proceso de desagregación de este tipo de importaciones en sus componentes podemos constatar que en solo tres rubros se concentra la mayor parte de su volumen, y son las de Equipo y aparatos eléctricos y electrónicos con el 42.4%, las de Maquinaria y equipo especial para industrias diversas con el 26.6%, y finalmente, las de Maquinaria y equipo para transportes y comunicaciones con el 23.3% del total.

En conjunto esta información reafirma nuestro planteamiento previo de que la industria manufacturera en México es importadora neta, y adicionalmente, el análisis del cuantioso volumen de importaciones de maquinaria y equipo pone en evidencia la alta dependencia de la industria de los desarrollos tecnológicos de otras naciones para la modernización de sus procesos productivos, así como el peso decisivo de las decisiones gerenciales de empresas transnacionales en la evolución y desarrollo de la estructura industrial revelado por la notable proporción de las ventas de sus productos elaborados en la forma de exportaciones, fenómeno que es potenciado por la elevada presencia de empresas de tipo maquilador para el mercado extranjero en algunos subsectores.

3.3. Difusión de la tecnología robótica en los procesos productivos

La exposición de las principales características de la estructura de la industria manufacturera en México no podría estar completa si antes no hacemos referencia al papel que juega en ella el tema central de este ensayo, por tanto, es menester que hagamos referencia a *la difusión del uso de robots industriales en los procesos productivos del sector*, sin embargo, debemos anticipar que el tratamiento de este punto será breve debido a la escasez de fuentes de información estadística actualizadas y de libre acceso sobre este tema en particular.

Aclarado lo anterior, constatamos que en el año 2004 había 2,137 robots en operación¹⁸⁵ en los procesos productivos de la industria manufacturera en México. En una primera instancia este dato pareciera no ser significativo, más aún si consideramos que en ese mismo periodo el stock mundial de robots industriales en operación era de 847,764 unidades aproximadamente,¹⁸⁶ es decir, el número de robots industriales en operación en México solo representaban el 0.25% del total mundial. Sin embargo, si profundizamos en las implicaciones de esta cifra para la estructura de la industria manufacturera en México el panorama cambia completamente. En ese sentido, de acuerdo con el INEGI para el año 2004¹⁸⁷ los robots industriales llegaron a representar una

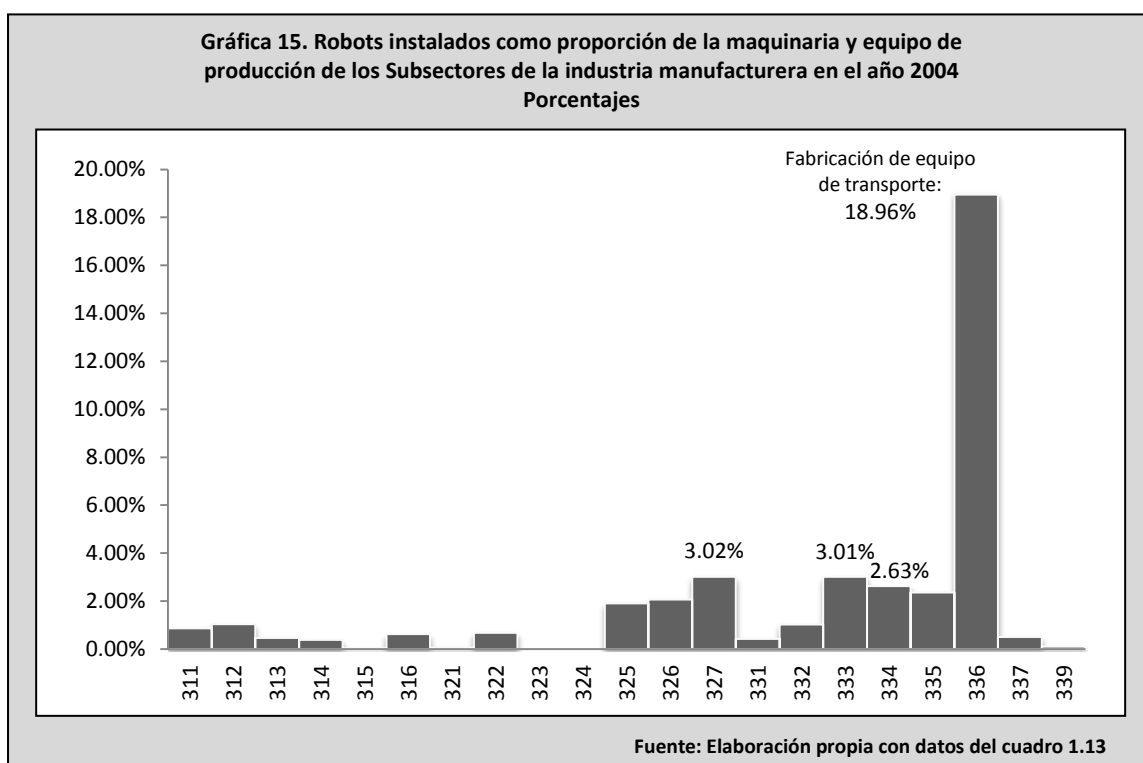
¹⁸⁴ Las empresas recurren a sus mercados domésticos o a los mercados internacionales para adquirir la maquinaria y equipo necesario para reponer los activos que sufren desgaste por su uso en los procesos productivos, para ampliar la escala de la producción o para mejorar su capacidad competitiva.

¹⁸⁵ Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (2005, 11 de octubre), *World Robotics 2005*, [comunicado de prensa], ECE/STAT/05/P03, UNECE/IFR, Geneva, p. 3, recuperado de: http://www.unece.org/fileadmin/DAM/press/pr2005/05stat_p03e.pdf.

¹⁸⁶ Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (2005, 11 de octubre), *op. cit.* p. 3.

¹⁸⁷ A partir del 2004 se torna prácticamente imposible conocer el número de robots industriales en operación en México, debido a que a desde el 2006 la Federación Internacional de Robótica se convirtió en la autoridad formal encargada de proveer este tipo de información y entre los cambios metodológicos más evidentes en sus reportes esta la agregación de la información relativa al stock de robots industriales para la región de Norte América, en la cual se incluye a México, Canadá y EE.UU., sin detallar el número de robots correspondiente a cada país.

proporción del 5.16% del total¹⁸⁸ de la maquinaria y equipo de producción de los establecimientos manufactureros. Esta cifra cobra una mayor relevancia si consideramos que en el año de 1998 este parámetro solo representaba el 2.47% del total,¹⁸⁹ es decir, en 6 años se duplicó efectivamente el uso de robots industriales como proporción de la maquinaria y equipo involucrada en los procesos productivos en las manufacturas en México. Ahora bien, si analizamos la proporción que guarda este parámetro en los subsectores que componen la industria podemos constatar una clara predominancia del uso de esta tecnología en la industria automotriz con relación al resto de las actividades manufactureras, ya que es precisamente en el subsector 336: Fabricación de equipo de transporte donde se emplean robots en mayor medida como proporción de la maquinaria y equipo al representar estos el 18.96% del total. En este aspecto le siguen en importancia los subsectores 327: Fabricación de productos a base de minerales no metálicos con el 3.02%; el 333: Fabricación de maquinaria y equipo con el 3.01%; el 334: Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos con el 2.63%; y el 335: Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica con el 2.36%.



Esta información hace evidente dos cosas; en primer lugar, que salvo la excepción que representa el subsector 327: Fabricación de productos a base de minerales no metálicos, la distribución del uso de la tecnología de la robótica en los procesos productivos de la industria manufacturera está ligada a la dinámica de las actividades de las empresas que están fuertemente vinculadas con el mercado externo, las cuales se caracterizan por realizar una parte considerable de sus ventas en la forma de exportaciones o por obtener una cuantiosa porción de sus ingresos por actividades de maquila para el mercado extranjero, es decir, el uso de robots industriales en México se encuentra altamente concentrado en las grandes empresas transnacionales enfocadas al mercado externo y en las de tipo maquilador. Esto se explica en función de que para este tipo de empresas resulta

¹⁸⁸ INEGI (2010a), "Encuesta Nacional de Empleo, Salarios, Tecnología y Capacitación del Sector Manufacturero: ENESTYC 2005," Secretaría de Trabajo y Previsión Social, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI, México.

¹⁸⁹ INEGI (2006), "Encuesta Nacional de Empleo, Salarios, Tecnología y Capacitación del Sector Manufacturero: ENESTYC 1999," Secretaría de Trabajo y Previsión Social, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI, México.

indispensable estar a la vanguardia en el uso de las tecnologías de punta en sus procesos productivos por la propia intensidad de la competencia a la que se enfrentan en los mercados internacionales, aunque tampoco debe pasarse por alto el hecho de que para este tipo de empresas es relativamente sencillo el acumular el capital necesario, o bien, el acceder a fuentes de crédito a nivel nacional o internacional para llevar a cabo la automatización de sus procesos en el momento en que sus decisiones estratégicas así lo determinan; y en segundo lugar, si bien es un hecho tangible la disminución gradual en el precio de los robots, a pesar de ello, el uso de esta tecnología en los procesos de la industria manufacturera en México continúa siendo la excepción más que la regla, en un contexto de alta fragmentación de la estructura del sector por la predominancia de las MiPyMEs, las cuales se caracterizan por su relativamente baja inversión para desarrollar sus procesos productivos, si consideramos que en el año 2008 en promedio el valor de los activos fijos de un establecimiento micro fue de 160,611 pesos, de uno pequeño 3,124,972 pesos y el de uno mediano de 39,363,700 pesos.¹⁹⁰ A esto debe sumarse las severas dificultades que enfrentan este tipo de empresas para obtener el financiamiento necesario para emprender su modernización, ya que de acuerdo a Guillermo Ortiz Martínez,¹⁹¹ actual presidente del Consejo de Administración de Grupo Financiero Banorte y anterior gobernador del Banco de México, de manera general, solo el 20% de las pequeñas y medianas empresas tiene acceso al crédito bancario, lo que en este contexto, las obliga a recurrir al uso generalizado del trabajo manual y de otras tecnologías que solo permiten cierto grado de automatización en sus procesos y les supone, a la vez, una seria limitante para adquirir las tecnologías¹⁹² que podrían contribuir a mejorar su capacidad competitiva, facilitar su sobrevivencia y favorecer su crecimiento en el largo plazo.

Ahora bien, haciendo referencia a información reciente sobre las compras de robots por la industria manufacturera en México verificamos que en los años de 2009, 2010 y 2011 las instalaciones de robots industriales fueron del orden de 1,100,¹⁹³ de 900,¹⁹⁴ y de 1,938¹⁹⁵ unidades respectivamente. Estas cifras podrían parecer insignificantes comparadas, por ejemplo, con las compras que realizaron EE.UU y China en el 2011, que como vimos en el capítulo precedente fueron de 20,555 y 22,577 unidades respectivamente, sin embargo, debemos recordar que apenas en el año 2004 había solo 2,137 robots industriales en operación en México, lo cual implica una tendencia a la alza en el uso de esta tecnología en las manufacturas, que como vimos se concentra principalmente en las grandes empresas, y tampoco debe menospreciarse la consecuente expulsión de mano de obra que estas cifras implican, especialmente para un país como el nuestro con un severo problema de desempleo, que en cifras duras acumulaba 2 millones 468,162 mexicanos sin empleo en agosto del 2012.¹⁹⁶

En síntesis, la evolución y configuración actual de la estructura de la industria manufacturera en México ha sido resultado de la progresiva reestructuración del sistema económico nacional iniciada tras la puesta en marcha de políticas económicas de corte neoliberal a partir de la década de 1980. En la práctica, esta reestructuración implicó la reorientación del rumbo del desarrollo industrial

¹⁹⁰ Ver cuadro 1.10 del anexo.

¹⁹¹ NOTIMEX (2012, 18 de abril), "Banca debe dar más créditos a PyMEs: Ortiz," *El Universal*, recuperado el 5 de noviembre del año 2012, en: <http://www.eluniversal.com.mx/articulos/70244.html>.

¹⁹² Tales como el emblemático robot Baxter, desarrollado por la empresa de origen estadounidense Rethink Robotics, el cual puede ser fácilmente adaptado a la realización de tareas repetitivas que son comunes en las líneas de ensamble de las fabricas tradicionales y cuyo precio es de \$22,000.00 dólares por unidad, aproximadamente un 10% del costo de un robot desarrollado por otras compañías, en: STONE, Brad (2012, 18 de septiembre), "Smarter Robots, With No Wage Demands," *Businessweek*, recuperado el 5 de noviembre del año 2012, en: <http://www.businessweek.com/articles/2012-09-18/smarter-robots-with-no-pesky-uprisings#p1>.

¹⁹³ Federación Internacional de Robótica (2010), *World Robotics 2010: Executive Summary*, Frankfurt, Alemania.

¹⁹⁴ Federación Internacional de Robótica (2011), *World Robotics 2011: Executive Summary*, Frankfurt, Alemania.

¹⁹⁵ Federación Internacional de Robótica (2012), *World Robotics 2012: Executive Summary*, Frankfurt, Alemania.

¹⁹⁶ BALDERAS, Óscar (2012, 18 de septiembre), "El sexenio cierra con 876 mil más desempleados que en 2006," *ADN Político*, recuperado el 5 de noviembre del año 2012, en: <http://www.adnpolitico.com/2012/2012/10/08/felipe-calderon-la-promesa-rotadel-presidente-del-empleo>.

hacia un patrón de producción manufacturero crecientemente exportador, en el cual las grandes empresas transnacionales y las maquiladoras asumieron un papel protagónico en la consecución del objetivo de explotar el potencial de México como una plataforma de exportación de productos intensivos en mano de obra barata hacia Estados Unidos, el mercado más grande del mundo. Esto ha supuesto un cambio profundo en la composición de las exportaciones mexicanas ya que en la actualidad existe una clara predominancia de la participación de la industria manufacturera en este rubro al contribuir con 88% del total de las exportaciones nacionales en el año 2011. Sin embargo, esta orientación hacia el mercado externo también ha implicado que la industria manufacturera se ha vuelto altamente dependiente de las importaciones de materias primas y de maquinaria y equipo para la realización y modernización sus procesos productivos ya que también es este sector el que requiere la mayor parte de las importaciones realizadas en el país, llegando estas a representar un volumen superior al 92% del total en el mismo año, y más aún, en términos reales es una importadora neta. Así, el cuantioso volumen de las importaciones de materias primas y de maquinaria y equipo pone en evidencia la desarticulación de los encadenamientos productivos locales que antes fueron promovidos por el Estado y la alta dependencia de la industria de los desarrollos tecnológicos de otras naciones para la modernización de sus procesos productivos, y por tanto, para tragedia del mercado interno, se demuestra que la industria manufacturera se encuentra desvinculada en gran medida del resto de las actividades económicas del país, y su dinámica y evolución está subordinada a los estrategias e intereses globales de las grandes empresas transnacionales.

Otro aspecto a destacar es que a pesar que el valor de la producción de la industria manufacturera experimentó un crecimiento real del 59% entre los años de 1993 y 2011, no ocurrió lo propio con la proporción que representa esta industria en el valor PIB, ni en el total del personal ocupado en este sector, ya que ambos parámetros están francamente estancados. Como cabe esperarse, debido al proceso natural de crecimiento poblacional sumado al estancamiento en el número de personas ocupadas en el sector, esto ha determinado que tampoco haya ocurrido una mejora en la proporción que representa el empleo en esta industria con relación a la PEA, ya que como vimos, este parámetro se encuentra en un acelerado proceso de declive. Se aprecia entonces que no obstante su contribución al incremento de la riqueza producida a nivel nacional, la industria manufacturera ha fallado en absorber a las personas que se integran a la actividad económica año con año y que no ha logrado configurarse como el motor que impulse el crecimiento del empleo en la economía mexicana.

Al avanzar en el análisis de la estructura misma de la industria manufacturera es posible constatar una alta concentración de ciertos indicadores, tales como el valor del producto, el número de establecimientos, el personal ocupado, las ventas de exportación de los productos elaborados, las importaciones de materias primas, y los ingresos por actividades de tipo maquilador, en solo unos cuantos subsectores. Sin embargo, la predominancia de los distintos subsectores en cada uno de estos parámetros es profundamente heterogénea, lo que implica que la hegemonía en estos indicadores no necesariamente se concentra en los mismos subsectores. A esto debe sumarse la alta fragmentación de las actividades económicas manufactureras, reflejada en la predominancia de las micro, pequeñas y medianas empresas, al ser estas el 99.3% del total de las unidades económicas en el año 2008. Sin embargo, a pesar de que este tipo de empresas representan prácticamente la totalidad de las unidades económicas de la industria, en realidad el motor que define la dinámica del sector se encuentra en las grandes empresas, las cuales concentran el 49.7% del personal ocupado, el 73.6% de los activos fijos y el 77.1% del valor de la producción de la totalidad de la industria.

Finalmente, no obstante la escasa difusión del uso de la tecnología robótica en los procesos productivos del conjunto de la industria manufacturera en México, su aplicación efectiva se encuentra altamente concentrada en grandes empresas transnacionales enfocadas al mercado externo y en las de tipo maquilador. Entre estas destaca particularmente el caso de la industria automotriz, en el sentido de que no obstante el subsector 336: Fabricación de equipo de transporte solo representó el 0.42% del total de los establecimientos de la industria manufacturera en el año

2011, en cambio, aportó el 20.15% del total del valor de la producción de la industria, además proporcionó empleo al 17.03% del total del personal ocupado del sector, importó el 51.37% de sus insumos en la forma de materias primas, y a su vez realizó el 71.31% de sus ventas en la forma de exportaciones, y ocupó la primera posición con respecto a la industria en su conjunto en el uso de robots industriales como proporción del total de la maquinaria y equipo utilizada para sus procesos productivos, aspecto que ayudaría a entender el espectacular incremento en el valor de la producción que registró entre los años de 1993 y 2011, el cual fue del orden de 146.52% en términos reales, en un contexto de franco estancamiento en el empleo tanto en el subsector como en la industria en su conjunto.

En la actualidad es posible apreciar una aceleración en la tendencia al uso de robots industriales en México, que no obstante es modesta comparada con lo que acontece en otras naciones, no debe olvidarse que, como vimos en el capítulo precedente, en la actualidad ha avanzado a nivel global el proceso de reconocimiento de la importancia que ha adquirido la tecnología robótica como una herramienta que otorga una ventaja competitiva para hacer frente de manera efectiva a los retos actuales y futuros que impone la dinámica cambiante de la competencia en los mercados internacionales, y por tanto, como un medio que contribuye a la obtención del máximo beneficio para las empresas. Este fenómeno se manifiesta de manera tangible en la creciente robotización de sus industrias y en el apoyo al aceleramiento del desarrollo de esta tecnología por parte de EE.UU. y China, naciones que figuran como los principales socios y rivales comerciales para la industria manufacturera en México, y que dicho sea de paso, también son los principales importadores y exportadores de manufacturas a nivel internacional. En ese sentido, si consideramos el peso que revisten estos dos países en el comercio mundial de manufacturas cabe esperarse que su ejemplo eventualmente permee al resto de las naciones, lo que implicaría que las repercusiones socioeconómicas de este fenómeno llegarán a ser de alcance global, aspecto particularmente preocupante para México. Esto puede ser inferido en razón de que, en la actualidad, las corporaciones transnacionales ostentan una participación importante en la estructura de la industria manufacturera en México y que su rol es preponderante en el volumen de las exportaciones del sector, tanto tradicionales como maquiladoras, así como el hecho de que el principal destino de las exportaciones manufactureras es el mercado de EE.UU. Ante este escenario, no debe menospreciarse un eventual cambio de paradigma en las estrategias globales de dichas empresas relacionado con un incremento sustancial del uso de la tecnología robótica en sus procesos productivos, o bien, de un eventual replanteamiento de sus intereses vinculados con la ubicación geográfica de parte importante de sus operaciones, ya que la ocurrencia de cualquiera de los dos escenarios tendría profundas repercusiones para la estructura de la industria, y en general, un impacto negativo en el nivel de empleo. En primer lugar, de ocurrir un escenario donde se masifique el uso de robots entre las grandes empresas manufactureras transnacionales establecidas en el país, un efecto inmediato tangible sería la acelerada pérdida de empleos en el sector debido al proceso de expulsión del tipo de trabajadores que se involucran de manera directa en los procesos productivos que implica el uso de esta tecnología. Este fenómeno potencialmente se vería acrecentado si las grandes empresas de origen nacional siguen la misma tendencia, ya que esto implicaría la posibilidad de que numerosas MiPyMEs quebrarían ante el endurecimiento de la competencia a nivel local y las dificultades financieras que enfrentarían para adquirir la tecnología necesaria para hacerle frente a esta dinámica. En segundo lugar, está el que sería el peor escenario para la economía mexicana, nos referimos a la posibilidad de que las grandes corporaciones transnacionales que tradicionalmente han utilizado a México como una plataforma de exportación hacia EE.UU. por el bajo costo de la mano de obra, emprendan de manera generalizada, un proceso de reubicación de sus operaciones manufactureras hacia su principal mercado, como parte de una estrategia competitiva diseñada con la intención de minimizar, en la medida de lo posible, la distancia geográfica que separa a los centros de producción de los centros de consumo, lo que les permitiría adaptarse con mayor celeridad a los constantes cambios en la demanda y reducir el tiempo necesario para la realización de las mercancías, favoreciendo el proceso de acumulación y la maximización de la ganancia.

Conclusiones

Dado que el promover la actividad empresarial es de interés social, ante las tendencias actuales que indican que los robots se convertirán en la herramienta de producción definitiva en las manufacturas y que será esta tecnología la que determine la ubicación de los procesos productivos manufactureros a nivel mundial en el largo plazo, y si consideramos la escasa difusión del uso de los robots industriales en México en la actualidad, entonces, se vuelve imperativo que el Estado promueva la asimilación y difusión de la tecnología robótica en la industria manufacturera en México para favorecer con ello la permanencia de las empresas transnacionales establecidas en el país y para atraer la inversión de otras empresas que actualmente concentran parte importante de sus operaciones en países asiáticos como China y que se enfocan principalmente hacia la producción para el mercado de EE.UU. Para ello debe coordinar los esfuerzos de la sociedad a través de la instrumentación de políticas públicas que propicien la formación del capital humano altamente especializado y de una infraestructura en el sentido amplio del término acordes a los requisitos que impone el uso de esta tecnología, así como para el eventual desarrollo de una importante industria robótica de carácter nacional. En ese sentido, se requiere al menos lo siguiente:

- Un esfuerzo conjunto de largo plazo por parte de la industria y la academia, coordinado por el Estado mismo para identificar las necesidades futuras de empleo en la industria manufacturera, así como de los requisitos de formación académica y de las de destrezas laborales requeridas por esta y otras tecnologías.
- La provisión efectiva de una infraestructura que incluya tanto centros educativos y de entrenamiento como de planes y programas de estudio adecuados para propiciar la formación de nuevos profesionales especialistas en el campo de la robótica o bien para facilitar la actualización de los trabajadores de categorías profesionales que tienen, o tendrán, exceso de oferta hacia categorías de habilidades que actualmente son escasas, tales como las ingenierías.

Paralelamente, la adecuación de las políticas públicas también debe orientarse a minimizar los efectos negativos de la difusión a gran escala de esta tecnología sobre el empleo y sobre las empresas incapaces de asimilarla en sus procesos productivos debido a sus costos, tales como las MiPyMEs, y para ello el Estado debe ejercer un papel activo y constante en:

- La identificación de aquellas categorías de trabajadores o empresas vulnerables que potencialmente serían desplazados del mercado por esta tecnología, con anticipación a la eliminación de los empleos y al cierre de dichas empresas.
- Proveer servicios eficaces para encontrar alternativas ocupacionales adecuadas y colocar a los trabajadores en ellas, brindando asistencia para la reubicación de ser necesario, o en el caso de las empresas, brindándoles nuevas oportunidades de negocios, esto con la intención de facilitar la reinserción de dichos agentes en la estructura productiva, por ejemplo, dentro de actividades relacionadas con los servicios, tales como el sector turístico, o bien, en la elaboración de artesanías, campos donde México tiene un gran potencial a explotar por su inigualable riqueza natural y cultural.

De lo contrario, si el gobierno hace caso omiso de la creciente importancia de la robótica para la industria manufacturera a nivel global y pospone la modernización tanto del Estado como de las políticas públicas para mediar de manera efectiva el conflicto social que se deriva de las tendencias tecnológicas actuales, se corre el riesgo de que partes importantes de los procesos de manufactura de las empresas transnacionales que actualmente se encuentran establecidos en México sean reubicados a China o inclusive a EE.UU., lo que no haría más que empeorar el problema estructural de México relacionado con su creciente nivel de desempleo y las graves consecuencias socioeconómicas que esto acarrea, tales como el incremento de la pobreza y la migración, así como la proliferación del empleo informal, de actividades ilícitas, de la violencia, de conductas adictivas y antisociales en los individuos, de la desestabilización en las relaciones familiares, y la eventual pérdida de gobernabilidad.

- **Actividades Primarias:** Incluyen todas las actividades donde los recursos naturales se aprovechan tal como se obtienen de la naturaleza, ya sea para alimento o para generar materias primas. De acuerdo al objeto de su aprovechamiento, sus grandes divisiones son: Agricultura, Explotación Forestal, Ganadería, Pesca y Caza.
- **Actividades Secundarias:** Se caracterizan por el uso predominante de maquinaria y de procesos cada vez más automatizados para transformar las materias primas. Incluye las fábricas, talleres y laboratorios de todos los tipos de industrias. De acuerdo a lo que producen, sus grandes divisiones son: Construcción, Minería, Industria Manufacturera y Electricidad, Gas y Agua.
- **Actividades Terciarias:** Consisten básicamente en la prestación de algún servicio. No producen bienes materiales; se reciben los productos elaborados en el sector secundario para su venta; también ofrece la oportunidad de aprovechar algún recurso sin llegar a ser dueños de él. Algunas de sus grandes divisiones son: Comercio, Comunicaciones y Transportes, Servicios Financieros, Inmobiliarios, Profesionales, Educativos, de Salud, Esparcimiento y Actividades del Gobierno.
- **Asociación de Manufactura Avanzada (Advanced Manufacturing Partnership):** Es un programa cuyo objetivo es revitalizar la industria manufacturera estadounidense brindándole las herramientas necesarias para competir exitosamente en el mercado global.
- **Ciclos económicos:** Comprenden los periodos de expansión, auge, recesión y crisis, en los que fluctúa de manera perpetua el sistema económico capitalista.
- **Conflicto social:** Es la manifestación de los problemas surgidos por la interacción entre la sociedad, el mercado y el Estado, y su origen se encuentra en la dificultad de llegar a un acuerdo social ante la diversidad y contraposición de los intereses individuales de los participantes del sistema económico.
- **Demanda social:** Está constituida por la agregación de las necesidades individuales y es determinada por las condiciones de entorno, sociales, organizativas, productivas, financieras, etc.
- **División Internacional del Trabajo:** Es la división del proceso de producción mundial entre países y regiones mediante la especialización en la realización de determinados bienes.
- **Economía Pública:** Comprende los mecanismos a través de los cuales el Estado obtiene los recursos de la sociedad que le son necesarios para garantizar la mediación del conflicto social.
- **Empresa maquiladora:** Es aquella unidad económica que realiza una parte del proceso de producción final de un artículo, por lo regular de ensamblado, misma que se encuentra en territorio nacional y mediante un contrato de maquila se compromete con una empresa matriz, ubicada en el extranjero, a realizar un proceso industrial o de servicio destinado a transformar, elaborar o reparar mercancías de procedencia extranjera, para lo cual importa temporalmente partes, piezas y componentes, mismos que una vez transformados son exportados.
- **Empresa transnacional:** Son las que no solo se rigen en su país de origen, sino que también se constituyen en otros países. Tienen capacidad de expandir la producción y otras operaciones alrededor del mundo, así como de movilizar plantas industriales de un país a otro.
- **Encadenamientos productivos:** Consisten en una aglomeración de empresas que interactúan, logrando así aumentar sus niveles de competitividad.
- **Estado:** Es una organización e institución dotada de poder, económico y político, para imponer el marco de obligaciones, regulaciones y restricciones a la vida social y al intercambio económico.
- **Gobierno:** Se refiere al conjunto de personas que son las encargadas de llevar a cabo las funciones del Estado.
- **Grandes empresas:** Son los establecimientos que ocupan más de 251 personas por cada unidad económica.

- **Industria manufacturera:** Se encuentra integrada por todas las actividades vinculadas a la transformación de bienes y a la prestación de servicios industriales complementarios que se realizan en establecimientos que desarrollan actividades de transformación de las materias primas insumidas. Su amplia cobertura está configurada tanto por actividades simples, de carácter elemental, que incluyen procesos tales como el beneficio de productos agrícolas, hasta la aplicación de las tecnologías más complejas como las relacionadas con la producción química, metalúrgica y de maquinaria y equipo.
- **Iniciativa Nacional de Robótica (National Robotics Initiative):** Iniciativa del gobierno estadounidense que tiene como propósito el mejorar la capacidad y usabilidad de tales sistemas y artefactos con vistas al desarrollo de una nueva generación de robots que operen junto o de forma cooperativa con trabajadores humanos, y así como alentar a las nuevas, y las ya existentes comunidades desarrolladoras de esta tecnología a enfocarse en el impulso de áreas de aplicación innovadoras.
- **Innovaciones incrementales:** Son las mejoras sucesivas a las que son sometidos todos los productos y procesos y sustentan los aumentos en la eficiencia técnica, la productividad y la precisión en los procesos, los cambios en los productos para elevar su calidad o reducir su costo o ampliar la gama de sus posibles usos.
- **Innovaciones radicales:** Consisten en la introducción de un producto o proceso verdaderamente nuevo, y representan una ruptura capaz de iniciar un rumbo tecnológico nuevo con la capacidad de cambiar de manera irreversible el orden socioeconómico.
- **Instituciones públicas:** Son medios indirectos aplicados por el gobierno para fijar las “reglas del juego” en la economía.
- **Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MiPyMEs):** El criterio para clasificar a una empresa como micro, pequeña o mediana es en función al número de personas ocupadas en cada unidad económica, así, se considera como establecimiento micro a aquellos que ocupan hasta 10 personas; pequeños a aquellos que ocupan de 11 a 50 personas; y medianos a aquellos que ocupan de 51 hasta 250 personas.
- **Modernización del Estado:** involucran cambios institucionales y organizacionales, en respuesta a los cambios en el entorno.
- **Objetivos del Estado:** La coordinación de los diversos agentes económicos en el aprovechamiento eficiente de los recursos disponibles; propiciar la distribución socialmente justa del ingreso; y la estabilización de la economía, todo ello, de manera tal que se garantice que la sociedad en general pueda alcanzar el bienestar.
- **Población Económicamente Activa (PEA):** Son las personas de 14 o más años que en la semana de referencia realizaron algún tipo de actividad económica (población ocupada) o bien buscaron incorporarse a algún empleo (población desocupada).
- **Políticas Públicas:** Representan la instrumentación de las soluciones a los problemas que surgen del conflicto social.
- **Presupuesto público:** Es un mecanismo de intervención directa en la economía.
- **Producto Interno Bruto (PIB):** El Producto Nacional Bruto de un país se define como el valor de todos los bienes y servicios finales producidos por sus factores de producción y vendidos en el mercado durante un periodo de tiempo dado, generalmente un año.
- **Producto Nacional Bruto (PNB):** El Producto Nacional Bruto de un país se define como el valor de todos los bienes y servicios finales producidos por sus factores de producción y vendidos en el mercado durante un periodo de tiempo dado, generalmente un año. Se excluye a los extranjeros trabajando en el país y se incluye a los nacionales trabajando en el extranjero.
- **Progreso tecnológico:** Implica mejora, perfeccionamiento, avance, innovación, con relación al estado tecnológico existente.

- **Reshoring:** Es la tendencia de poner fin a la subcontratación en las economías emergentes por sus bajos costos y volver a producir en las economías desarrolladas.
- **Revolución industrial:** Son procesos históricos altamente complejos. A grandes rasgos podemos afirmar que ocurren por la conjugación de innovaciones radicales que al difundirse en la estructura productiva modifican drásticamente las condiciones generales de existencia de la humanidad, las relaciones de producción, la dinámica social y la estructura económica.
- **Robot:** Es una máquina capaz de llevar a cabo una serie compleja de acciones de forma automática, especialmente aquellas programables por una computadora.
- **Robots de exploración:** Son aquellos diseñados para co-investigar un entorno desconocido de forma remota con un operador humano.
- **Robot industrial:** Manipulador multipropósito reprogramable, automáticamente controlado, programable en tres o más ejes, para uso en aplicaciones de automatización industrial que puede estar fijo en un lugar o en movimiento.
- **Robots militares:** Son aquellos diseñados para uso en aplicaciones militares.
- **Robots de servicios:** Es un robot que opera de forma parcial o completamente autónoma para realizar servicios útiles para el bienestar de humanos y equipo, excluyendo las operaciones de manufacturas.
- **Robótica:** Es la rama de la tecnología que se ocupa del diseño, construcción, operación y aplicación de robots y los sistemas informáticos para su control, retroalimentación sensorial y procesamiento de información.
- **Superexplotación del trabajo:** El régimen capitalista de producción desarrolla dos grandes formas de explotación: por un lado, la que corresponde al aumento de la fuerza productiva del trabajo, y por el otro, a la mayor explotación del trabajador. Al predominio de una mayor explotación del trabajo corresponde, precisamente, la superexplotación del trabajo.
- **Tecnología:** Es la ciencia de las artes industriales; las abarca todas, comprende cuanto el hombre ejecuta con sus manos o con los instrumentos o con máquinas que ha inventado; tiene relación con la mayor parte de nuestras necesidades y caprichos.

Producto Interno Bruto y por división de actividad económica				Cuadro 1.1
Millones de pesos a precios de 2003				
Año	Producto Interno Bruto	Actividades Primarias	Actividades Secundarias	Actividades Terciarias
1993	5 871 566	224 117	1 806 058	3 691 911
1994	6 153 242	233 738	1 893 969	3 878 668
1995	5 770 048	236 947	1 727 946	3 659 983
1996	6 086 989	244 721	1 901 157	3 771 214
1997	6 528 465	249 557	2 088 975	3 990 255
1998	6 852 204	254 615	2 215 139	4 166 060
1999	7 097 171	265 025	2 286 505	4 314 495
2000	7 520 405	269 225	2 409 915	4 581 519
2001	7 448 754	278 237	2 343 292	4 565 701
2002	7 455 365	277 592	2 336 354	4 572 493
2003	7 555 803	285 751	2 354 137	4 643 272
2004	7 862 072	292 806	2 441 721	4 854 170
2005	8 114 085	285 240	2 511 224	5 057 170
2006	8 531 973	303 305	2 655 419	5 324 102
2007	8 810 136	310 360	2 709 310	5 561 331
2008	8 915 030	314 164	2 705 494	5 694 226
2009p/	8 384 235	304 248	2 498 018	5 417 557
2010	8 827 018	313 037	2 650 317	5 700 255
2011	9 170 185	305 030	2 755 063	5 971 687

p/ Cifras preliminares a partir de esta fecha.
Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México.

Actividades Secundarias por Gran División					Cuadro 1.2
Millones de pesos a precios de 2003					
Año	Actividades Secundarias	Minería	Electricidad, agua y suministro de gas por ductos al consumidor final	Construcción	Industria manufacturera
1993	1 806 058	362 036	67 387	365 601	1 011 034
1994	1 893 969	365 921	72 078	411 613	1 044 357
1995	1 727 946	360 772	73 576	306 725	986 873
1996	1 901 157	395 101	77 121	339 152	1 089 783
1997	2 088 975	414 698	81 833	388 465	1 203 979
1998	2 215 139	424 200	86 157	414 164	1 290 617
1999	2 286 505	408 033	94 149	436 729	1 347 594
2000	2 409 915	417 502	95 112	462 237	1 435 063
2001	2 343 292	422 665	94 408	446 660	1 379 559
2002	2 336 354	423 156	92 959	455 546	1 364 693
2003	2 354 137	443 195	95 341	470 217	1 345 383
2004	2 441 721	449 094	99 153	495 166	1 398 307
2005	2 511 224	447 734	101 117	514 234	1 448 139
2006	2 655 419	453 881	113 450	554 194	1 533 894
2007	2 709 310	452 813	117 608	578 427	1 560 462
2008	2 705 494	445 329	114 873	596 210	1 549 082
2009p/	2 498 018	432 439	116 989	552 590	1 395 999
2010	2 650 317	437 684	129 189	549 475	1 533 969
2011	2 755 063	433 393	137 688	574 716	1 609 266

p/ Cifras preliminares a partir de esta fecha.
Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México.

Producto Interno Bruto y valor de la producción de la industria manufacturera **Cuadro 1.3**

Millones de pesos a precios de 2003

Año	Producto Interno Bruto	Industria manufacturera	Relación %
1993	5 871 566	1 011 034	17.22
1994	6 153 242	1 044 357	16.97
1995	5 770 048	986 873	17.10
1996	6 086 989	1 089 783	17.90
1997	6 528 465	1 203 979	18.44
1998	6 852 204	1 290 617	18.84
1999	7 097 171	1 347 594	18.99
2000	7 520 405	1 435 063	19.08
2001	7 448 754	1 379 559	18.52
2002	7 455 365	1 364 693	18.30
2003	7 555 803	1 345 383	17.81
2004	7 862 072	1 398 307	17.79
2005	8 114 085	1 448 139	17.85
2006	8 531 973	1 533 894	17.98
2007	8 810 136	1 560 462	17.71
2008	8 915 030	1 549 082	17.38
2009p/	8 384 235	1 395 999	16.65
2010	8 827 018	1 533 969	17.38
2011	9 170 185	1 609 266	17.55

p/ Cifras preliminares a partir de esta fecha.

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México.

Población Económicamente Activa y personal ocupado remunerado en la industria manufacturera **Cuadro 1.4**

Miles de personas

Año	Población Económicamente Activa	Personal ocupado en la industria manufacturera	Relación %
1993	33 652	3 310	9.84
1994	34 457	3 239	9.40
1995	35 558	3 067	8.63
1996	36 581	3 290	8.99
1997	38 345	3 566	9.30
1998	39 562	3 773	9.54
1999	39 648	3 913	9.87
2000	40 162	4 102	10.21
2001	40 073	3 899	9.73
2002	41 086	3 637	8.85
2003	41 516	3 531	8.51
2004	43 399	3 545	8.17
2005	42 274	3 559	8.42
2006	43 575	3 594	8.25
2007	44 412	3 289	7.41
2008	45 460	3 250	7.15
2009	46 199	2 967	6.42
2010	48 173	3 070	6.37
2011	48 506	3 160	6.51

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI, la OIT y la CEPAL.

Importaciones y Exportaciones totales y de la industria manufacturera **Cuadro 1.5**

Millones de pesos a precios de 2003

Año	Importaciones CIF		Relación %	Exportaciones FOB		Relación %
	Totales	Importaciones CIF - Industria manufacturera		Totales	Exportaciones FOB - Industria manufacturera	
2003	2 026 188	1 821 511	89.90	1 915 766	1 539 635	80.37
2004	2 243 942	2 037 296	90.79	2 135 409	1 734 506	81.23
2005	2 433 721	2 220 036	91.22	2 280 444	1 868 882	81.95
2006	2 739 946	2 521 291	92.02	2 529 895	2 116 860	83.67
2007	2 934 633	2 719 311	92.66	2 675 808	2 264 490	84.63
2008	3 011 139	2 782 057	92.39	2 689 532	2 311 664	85.95
2009	2 456 825	2 253 056	91.71	2 325 775	1 989 468	85.54
2010p/	2 937 749	2 721 411	92.64	2 829 126	2 473 342	87.42
2011	3 144 878	2 901 935	92.27	3 042 646	2 688 684	88.37

p/ Cifras preliminares a partir de esta fecha.

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México.

Saldo de la Balanza Comercial de la industria manufacturera **Cuadro 1.6**

Millones de pesos a precios de 2003

Año	Exportaciones FOB - Industria manufacturera	Importaciones CIF - Industria manufacturera	Saldo
2003	1 539 635	1 821 511	- 281 876
2004	1 734 506	2 037 296	- 302 790
2005	1 868 882	2 220 036	- 351 154
2006	2 116 860	2 521 291	- 404 431
2007	2 264 490	2 719 311	- 454 821
2008	2 311 664	2 782 057	- 470 393
2009	1 989 468	2 253 056	- 263 588
2010p/	2 473 342	2 721 411	- 248 069
2011	2 688 684	2 901 935	- 213 251

p/ Cifras preliminares a partir de esta fecha

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México.

Subsectores que componen la industria manufacturera **Cuadro 1.7**

Subsector	Descripción
311	Industria alimentaria
312	Industria de las bebidas y del tabaco
313	Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles
314	Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir
315	Fabricación de prendas de vestir
316	Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos
321	Industria de la madera
322	Industria del papel
323	Impresión e industrias conexas
324	Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón
325	Industria química
326	Industria del plástico y del hule
327	Fabricación de productos a base de minerales no metálicos
331	Industrias metálicas básicas
332	Fabricación de productos metálicos
333	Fabricación de maquinaria y equipo
334	Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos
335	Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica
336	Fabricación de equipo de transporte
337	Fabricación de muebles, colchones y persianas
339	Otras industrias manufactureras

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI. Encuesta mensual de la industria manufacturera (EMIM) .

Valor de la producción de los Subsectores de la industria manufacturera							Cuadro 1.8
Millones de pesos a precios de 2003							1a. parte
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Total	1 011 034	1 044 357	986 873	1 089 783	1 203 979	1 290 617	1 347 594
Subsector							
311	232 847	239 259	241 576	246 818	254 951	264 493	273 426
312	57 655	59 468	58 502	62 166	64 614	70 449	73 942
313	15 970	15 855	14 990	17 487	18 830	19 250	20 406
314	5 685	5 948	5 700	6 376	7 251	7 759	7 864
315	39 630	40 728	38 796	45 279	49 286	51 798	54 857
316	22 709	21 613	19 245	21 507	23 104	23 075	23 256
321	17 786	17 861	17 268	18 846	20 281	21 286	21 682
322	19 650	20 346	20 657	22 618	24 323	25 773	27 577
323	11 280	11 421	10 539	10 458	12 561	13 435	14 018
324	30 196	34 040	32 096	32 417	35 056	39 500	39 470
325	111 750	112 209	114 729	118 754	126 889	135 371	137 060
326	29 381	30 047	28 096	31 219	34 294	35 908	35 739
327	72 075	75 708	64 830	69 797	75 515	80 191	82 439
331	51 112	53 995	56 325	66 838	73 781	76 920	77 643
332	29 907	32 091	27 501	32 355	38 011	40 882	43 642
333	28 871	29 245	24 563	28 112	34 708	35 897	34 445
334	39 604	45 176	45 083	52 767	69 881	83 524	90 353
335	25 600	26 782	26 619	29 728	35 304	40 008	44 604
336	131 534	133 826	104 527	137 503	162 203	179 963	197 433
337	16 923	17 395	15 268	16 289	19 144	20 121	20 392
339	20 869	21 346	19 963	22 449	23 992	25 014	27 344

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México.

Valor de la producción de los Subsectores de la industria manufacturera							Cuadro 1.8
Millones de pesos a precios de 2003							2a. parte
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Total	1 435 063	1 379 559	1 364 693	1 345 383	1 398 307	1 448 139	1 533 894
Subsector							
311	285 091	290 758	296 639	301 409	311 406	319 592	325 196
312	75 965	74 979	76 010	76 093	81 626	87 397	92 877
313	21 918	18 500	17 874	16 496	17 104	16 162	16 333
314	8 443	7 384	7 380	6 212	6 618	6 611	6 970
315	57 198	53 099	47 804	44 534	44 543	42 772	41 996
316	22 541	20 272	19 931	19 278	19 462	19 902	20 651
321	23 001	20 704	17 597	17 348	17 313	17 117	17 360
322	28 475	28 162	28 483	28 780	30 173	31 170	32 462
323	14 283	13 380	12 662	12 295	11 900	12 187	13 429
324	39 311	38 937	39 609	41 184	45 831	44 815	45 535
325	141 756	135 770	135 707	135 242	139 690	143 535	149 229
326	37 735	36 740	37 633	37 557	38 698	40 144	41 488
327	86 025	83 244	86 511	86 849	91 037	96 763	103 447
331	80 036	74 169	75 935	78 847	81 861	86 831	89 918
332	46 827	42 970	42 177	40 938	45 333	49 217	52 412
333	34 468	32 954	32 479	30 486	32 826	35 083	37 465
334	108 050	97 563	84 839	75 741	70 462	73 128	80 509
335	48 613	44 648	42 424	41 972	45 243	45 979	51 306
336	226 614	217 396	215 201	206 455	217 586	228 696	261 435
337	21 812	21 332	21 145	21 146	21 638	21 796	21 535
339	26 901	26 597	26 653	26 521	27 958	29 244	32 342

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México.

Valor de la producción de los Subsectores de la industria manufacturera					Cuadro 1.8
Millones de pesos a precios de 2003					3a. parte
	2007	2008	2009	2010	2011
Total	1 560 462	1 549 082	1 395 999	1 533 969	1 609 266
Subsector					
311	332 808	337 372	335 523	342 353	348 126
312	96 056	98 432	98 367	97 998	102 850
313	15 823	14 719	13 283	14 588	13 785
314	7 067	6 470	6 038	6 127	6 050
315	39 464	40 435	35 810	37 661	35 314
316	20 332	19 660	18 484	20 296	20 115
321	18 082	16 712	15 975	17 004	17 930
322	33 436	34 285	34 106	35 706	35 352
323	13 490	14 192	13 236	14 511	14 665
324	44 569	44 875	44 165	42 629	40 614
325	152 348	148 972	143 145	141 571	141 961
326	42 587	41 869	37 744	41 255	44 098
327	105 832	101 861	93 284	96 505	100 013
331	88 468	87 999	72 798	82 284	84 987
332	52 604	53 158	44 762	49 284	53 685
333	36 902	36 777	30 666	40 876	45 262
334	83 721	73 570	65 278	70 781	74 168
335	52 720	52 656	45 119	49 862	49 626
336	269 432	270 660	195 173	277 546	324 258
337	21 299	20 431	19 306	20 523	20 603
339	33 421	33 976	33 738	34 610	35 804

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México.

Variación del valor de la producción de los Subsectores de la industria manufacturera				Cuadro 1.9
Millones de pesos a precios de 2003				
Subsector	1993	2011	Variación %	
311	232 847	348 126	49.51	
312	57 655	102 850	78.39	
313	15 970	13 785	-13.68	
314	5 685	6 050	6.42	
315	39 630	35 314	-10.89	
316	22 709	20 115	-11.42	
321	17 786	17 930	0.81	
322	19 650	35 352	79.91	
323	11 280	14 665	30.01	
324	30 196	40 614	34.50	
325	111 750	141 961	27.03	
326	29 381	44 098	50.09	
327	72 075	100 013	38.76	
331	51 112	84 987	66.28	
332	29 907	53 685	79.50	
333	28 871	45 262	56.77	
334	39 604	74 168	87.27	
335	25 600	49 626	93.85	
336	131 534	324 258	146.52	
337	16 923	20 603	21.75	
339	20 869	35 804	71.56	

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México.

Principales características de los establecimientos de la industria manufacturera en 2008.					Cuadro 1.10
	Unidades económicas	Personal ocupado	Producción bruta total /a	Total de activos fijos /a	Valor promedio de los activos fijos por unidad económica /a
Total manufacturas	436 851	4 661 062	4 876 999	1 586 991	3.63
Micro	404 156	1 080 713	114 644	64 912	0.16
Pequeños	22 349	467 197	198 785	69 840	3.12
Medianos	7 113	797 907	802 968	279 994	39.36
Grandes	3 233	2 315 245	3 760 602	1 172 245	362.59

/a: Millones de pesos

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI. Censos Económicos (2009).

Principales características de los subsectores de la industria manufacturera en el año 2011					Cuadro 1.11
					Parte 1
	Número de establecimientos	Relación %	Personal ocupado	Relación %	Personas por establecimiento
Total	204 645	100.00	3 159 796	100.00	15
Subsector					
311	130 529	63.78	634 987	20.10	5
312	13 195	6.45	128 607	4.07	10
313	258	0.13	59 228	1.87	230
314	158	0.08	17 964	0.57	114
315	830	0.41	152 673	4.83	184
316	445	0.22	63 411	2.01	142
321	322	0.16	15 252	0.48	47
322	321	0.16	69 805	2.21	217
323	239	0.12	32 893	1.04	138
324	56	0.03	29 555	0.94	528
325	604	0.30	160 137	5.07	265
326	981	0.48	176 975	5.60	180
327	777	0.38	94 894	3.00	122
331	325	0.16	77 503	2.45	238
332	52 639	25.72	226 347	7.16	4
333	467	0.23	89 394	2.83	191
334	413	0.20	250 229	7.92	606
335	378	0.18	157 142	4.97	416
336	856	0.42	538 047	17.03	629
337	346	0.17	45 313	1.43	131
339	506	0.25	139 441	4.41	276

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI. Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera

Principales características de los subsectores de la industria manufacturera en el año 2011									Cuadro 1.11
Millones de pesos									Parte 2
	Ventas totales	Ventas de exportación	Relación %	Insumos totales	Materias primas importadas	Relación %	Maquila /a	Inversión en maquinaria y equipo de producción	Relación %
Total	4 981 921	1 400 887	28.12	3 268 423	813 835	24.90	5.73	79 029	100.00
Subsector									
311	759 418	53 141	7.00	519 362	55 266	10.64	0.45	7 551	9.56
312	275 020	35 283	12.83	144 655	4 664	3.22	0.27	3 295	4.17
313	46 789	14 012	29.95	35 205	10 517	29.87	3.45	700	0.89
314	10 181	1 939	19.04	7 833	1 193	15.23	7.19	77	0.10
315	35 132	7 413	21.10	31 871	3 278	10.29	26.78	308	0.39
316	24 666	6 569	26.63	19 534	2 903	14.86	7.94	239	0.30
321	9 284	1 343	14.46	7 168	702	9.79	2.37	100	0.13
322	133 406	14 061	10.54	102 120	28 368	27.78	1.63	3 152	3.99
323	20 395	1 222	5.99	15 068	1 609	10.68	6.49	265	0.34
324	726 698	1 326	0.18	566 502	3 271	0.58	0.00	18 098	22.90
325	703 966	151 451	21.51	535 122	93 497	17.47	0.64	6 822	8.63
326	172 699	41 220	23.87	140 111	35 190	25.12	9.26	3 552	4.49
327	150 989	21 775	14.42	90 876	5 460	6.01	2.30	3 635	4.60
331	440 242	141 703	32.19	324 058	49 941	15.41	2.26	6 692	8.47
332	151 633	36 788	24.26	121 669	22 943	18.86	11.78	2 105	2.66
333	93 437	60 039	64.26	66 259	21 133	31.90	16.96	1 285	1.63
334	38 905	26 594	68.36	48 522	18 230	37.57	59.90	1 296	1.64
335	138 659	56 804	40.97	111 366	24 481	21.98	16.54	2 522	3.19
336	1 003 038	715 247	71.31	824 475	423 496	51.37	7.69	16 633	21.05
337	18 654	3 514	18.84	14 659	1 225	8.36	17.50	159	0.20
339	28 712	9 441	32.88	27 539	6 465	23.48	45.56	542	0.69

/a: Ingresos por maquila realizada para el mercado extranjero como proporción de la Producción Bruta Total

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI. Encuesta Anual de la Industria Manufacturera 2011

Balanza comercial de la industria manufacturera en el año 2011						Cuadro 1.12
Millones de dólares						
	Exportaciones	Relación %	Importaciones	Relación %	Saldo	
Total (con maquila) a/	23 218	100.00	24 446	100.00	- 1 227	
Alimentos, bebidas y tabaco	961	4.14	1 111	4.55	- 150	
Textiles, artículos de vestir e industria del cuero	655	2.82	915	3.74	- 260	
Industria de la madera	44	0.19	119	0.49	- 74	
Papel, imprentas e industria editorial	177	0.76	575	2.35	- 398	
Química	826	3.56	1 834	7.50	- 1 008	
Productos plásticos y de caucho	675	2.91	1 658	6.78	- 983	
Fabricación de otros productos minerales no metálicos	258	1.11	212	0.87	46	
Siderurgia	659	2.84	1 271	5.20	- 612	
Minerometalurgia	1 450	6.24	849	3.47	601	
Productos metálicos, maquinaria y equipo	16 863	72.63	14 734	60.27	2 129	
Otras industrias manufactureras	652	2.81	1 168	4.78	- 516	
Productos metálicos, maquinaria y equipo	16 863	100.00	14 734	100.00	2 129	
Para la agricultura y ganadería	58	0.34	77	0.52	- 20	
Para transportes y comunicaciones	6 805	40.35	3 435	23.31	3 369	
Maquinaria y equipo especial para industrias diversas	3 210	19.03	3 912	26.55	- 703	
Productos metálicos de uso doméstico	429	2.55	102	0.69	327	
Equipo profesional y científico	883	5.24	899	6.10	- 16	
Equipo y aparatos eléctricos y electrónicos	5 444	32.28	6 244	42.38	- 800	
Aparatos de fotografía, óptica y relojería	34	0.20	64	0.43	- 30	

Notas: a/ El 1 de noviembre de 2006 se publicó el Decreto para el Fomento de la Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicios de Exportación (IMMEX), con el cual se integraron en un solo programa los correspondientes al Fomento y Operación de la Industria Maquiladora de Exportación y el de Importación Temporal para Producir Artículos de Exportación, denominado PITEX. Como resultado de lo anterior, en la estadística de comercio exterior ya no se distinguirá a las empresas maquiladoras del resto de las firmas exportadoras de productos manufacturados. Por lo tanto, la exportación manufacturera se difundirá en un solo rubro.

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI. Grupo de Trabajo de Estadísticas de Comercio Exterior, integrado por el Banco de México, INEGI, Servicio de Administración Tributaria y la Secretaría de Economía.

Distribución relativa de la maquinaria y equipo de producción de los establecimientos manufactureros por rama de actividad, según tipo de maquinaria y equipo en 2004								Cuadro 1.13
Porcentajes								
	Total /a	Tipo de maquinaria y/o equipo de producción						
		Equipo Manual	Máquinas Herramientas	Equipo Automático	De control numérico		Robots	
					No computarizado	Computarizado		
Total	100.00	17.12	23.21	35.60	4.77	14.14	5.16	
Subsector								
311	100.00	20.75	23.83	41.00	4.43	9.13	0.86	
312	100.00	8.27	11.11	74.24	2.26	3.08	1.04	
313	100.00	9.49	17.85	57.53	3.71	10.96	0.47	
314	100.00	19.46	19.58	42.61	5.75	12.22	0.38	
315	100.00	39.56	29.02	20.83	3.12	7.44	0.04	
316	100.00	26.93	35.42	26.20	2.64	8.19	0.62	
321	100.00	29.07	33.34	26.72	4.66	6.14	0.07	
322	100.00	20.03	22.56	40.53	5.14	11.06	0.68	
323	100.00	22.11	13.98	37.70	9.03	17.18	0.00	
324	100.00	21.29	42.10	16.97	6.74	12.89	0.00	
325	100.00	19.12	22.79	37.99	3.91	14.29	1.91	
326	100.00	13.71	20.47	42.69	4.51	16.55	2.07	
327	100.00	10.16	16.17	36.69	5.54	28.42	3.02	
331	100.00	18.27	21.93	51.09	1.99	6.29	0.43	
332	100.00	18.91	31.05	38.07	3.97	6.97	1.03	
333	100.00	18.27	39.91	17.93	4.80	16.08	3.01	
334	100.00	8.59	30.99	49.18	1.55	7.06	2.63	
335	100.00	20.59	26.80	31.76	1.62	16.87	2.36	
336	100.00	14.00	15.81	23.18	6.21	21.84	18.96	
337	100.00	38.29	39.18	11.76	2.07	8.19	0.51	
339	100.00	25.96	21.96	36.22	7.68	8.08	0.11	

/a: Promedio ponderado con el valor de la maquinaria y equipo de producción en 2004.

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI. Encuesta Nacional de Empleo, Salarios, Tecnología y Capacitación del Sector Manufacturero: ENESTYC 2005

Protocolo de investigación

ENUNCIADO:

La dinámica excluyente de la competencia capitalista ha determinado que el mercado, en todas sus dimensiones, está caracterizado por cambios rápidos, en ocasiones paradójicos, pero sobre todo altamente complejos, y que sus tendencias, en lo que respecta a la tecnología, tengan implicaciones de alcance global. Reconociendo la creciente importancia que está cobrando el uso de la tecnología robótica en los procesos productivos de la industria manufacturera a nivel internacional es preciso que se reflexione sobre las implicaciones potenciales de este fenómeno para la industria manufacturera en México y sobre el papel que debería de asumir el Estado mexicano ante el conflicto social que esto podría generar.

OBJETIVO GENERAL:

Esbozar las perspectivas de largo plazo para la industria manufacturera en México ante la evolución de las tendencias mundiales actuales relacionadas con la tecnología robótica y como resultado de la postura que asuma el Estado mexicano frente a dichas tendencias.

OBJETIVOS PARTICULARES:

- 1) Delinear a grandes rasgos, la importancia del progreso tecnológico para el sistema capitalista, el conflicto social que esto origina, así como el papel que debería asumir el Estado ante dicho proceso en lo general, y de manera específica en el caso de la tecnología robótica.
- 2) Esbozar a grandes rasgos las posibles implicaciones para la industria manufacturera en México en el largo plazo como resultado del desenvolvimiento de las tendencias mundiales relacionadas con la tecnología robótica, considerando la situación actual de algunos aspectos de interés del sector, para estar en posibilidades de realizar nuestras observaciones sobre la postura que debería asumir el Estado mexicano ante dichas tendencias.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- a) Brindar un marco teórico que describa a grandes rasgos la importancia que reviste el progreso tecnológico en la consecución del objetivo de la dinámica de la competencia capitalista y en la reproducción y evolución del sistema, así como un esbozo de las consecuencias generales de este proceso para la estructura socioeconómica y del conflicto social derivado de esto, y una abstracción del que debería ser el papel del Estado ante dicho proceso.
- b) Señalar algunos de los principales usos y aplicaciones actuales de la tecnología robótica, así como descripciones generales de sus principales cualidades técnicas y del impacto socioeconómico de su aplicación en los procesos productivos.
- c) Reseñar brevemente lo que consideramos como las tendencias mundiales actuales más significativas relacionadas con la tecnología robótica e inferir sus posibles repercusiones en el largo plazo para la configuración de la división internacional del trabajo.

- d) Delinear a grandes rasgos algunas de las características de la estructura actual de la industria manufacturera en México que contribuyan a dimensionar las posibles implicaciones de largo plazo del desenvolvimiento de las tendencias mundiales actuales de la tecnología robótica para este sector, así como sustentar nuestras observaciones sobre cuál debería ser el rumbo general que tomen las acciones del Estado mexicano en anticipación y respuesta a dichas tendencias.

IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación es importante para la formación profesional y para la explicación de fenómenos de la vida cotidiana en el sentido de que es un esfuerzo orientado a contribuir al reconocimiento de la importancia que reviste el progreso tecnológico en términos generales para la evolución de la estructura socioeconómica y cuál debería ser el papel del Estado ante el proceso.

VARIABLES

- a) Variable independiente: Robótica.
- b) Variables dependientes: Estado, Formación de Capital Humano, Promoción de la Asimilación de Progresos Tecnológicos, Alternativas Ocupacionales, División Internacional del Trabajo, Industria Manufacturera en México.

IDEA FUNDAMENTAL

El uso de la tecnología robótica en los procesos productivos de las manufacturas a nivel mundial se encuentra en franca aceleración, por tanto, se hace urgente que el Estado mexicano se modernice e instrumente políticas públicas para mediar de manera efectiva el conflicto social que esto potencialmente generaría.

SEMBLANZA DEL MENSAJE

Debe reconocerse que el progreso tecnológico es condición fundamental de la dinámica excluyente de la competencia capitalista para garantizar la reproducción y evolución del sistema, y al ser este un fenómeno exógeno su alcance es de carácter global. Esto es especialmente cierto en el caso de la tecnología robótica, y por tanto, es preciso fomentar la reflexión sobre sus implicaciones socioeconómicas, así como sobre el potencial conflicto social derivado del uso creciente de esta tecnología, y consecuentemente, sobre la eventual modernización del Estado y de las políticas públicas para mediar de manera efectiva dicho conflicto y garantizar el bienestar social.

JUSTIFICACIÓN

La naturaleza del presente ensayo es de carácter académico explorativo y se construye principalmente tomando como referencia investigaciones previas realizadas por diversos autores sobre numerosos temas conexos, fuentes diversas de información estadística y artículos periodísticos recientes.

La estructura del trabajo se divide en tres apartados, a grandes rasgos, el primero de ellos se concibe como un marco teórico de referencia estructurado de tal forma que contribuya a la comprensión del rol del progreso tecnológico para la dinámica del sistema capitalista y cuál es el papel que debe asumir el Estado para mediar de forma efectiva el conflicto social derivado de este proceso; el segundo apartado expone las características generales de la tecnología robótica, su impacto socioeconómico y las tendencias mundiales actuales más importantes relacionadas con ella; el tercer apartado hace un breve recorrido a través del pasado reciente de la industria manufacturera en México y los sucesos que configuraron su evolución hasta su conformación actual, y a partir de ahí se analizan las particularidades del sector que ayuden a dimensionar las implicaciones del desenvolvimiento de las tendencias mundiales relacionadas con la robótica para la industria en su conjunto y el potencial conflicto social derivado de esto, para finalmente, estar en posibilidad de plantear las conclusiones y recomendaciones.

La intención del presente estudio es la de aportar información que sirva de material de reflexión sobre las posibles implicaciones en el largo plazo para la industria manufacturera en México de la ocurrencia de distintos escenarios relacionados con las tendencias mundiales actuales de la tecnología robótica, y a la vez busca fomentar la discusión sobre el rumbo que deberían tomar las políticas públicas ante el proceso del progreso tecnológico para que el Estado en su papel de mediador del conflicto social pueda hacer frente a los acelerados cambios en la dinámica social derivados de este proceso.

Bibliografía

- ÁLVAREZ, Norma (1989), *Tecnología e industria en el futuro de México: Alternativas para el futuro*, Centro de Investigación para el Desarrollo, A.C., Ed. Diana, México, pp. 19-43.
- ARRIOLA, Joaquín (2004), *Conocimiento, tecnología y crecimiento: nuevas recomendaciones estratégicas en una economía globalizada*, Ed. Servicio Editorial, Universidad del País Vasco, Bilbao, España.
- ASIMOV, Isaac (1990), *Visiones de Robot*, Ed. Random House Mondadori, Barcelona, España: 2012.
- AYALA, José (1995), *Mercado, Elección Pública e Instituciones: Una Revisión de las Teorías Modernas del Estado (Borrador)*, Facultad de Economía, U.N.A.M., México.
- AYRES, Robert U. (1984), *La Próxima Revolución Industrial*, Ed. Gernika, México: 1987.
- AYRES, Robert U. y Steven M. Miller (1983), *Robotics: Applications and social implications*, Ed. Ballinger Publishing Company, Cambridge, Massachusetts, EE.UU.
- AYRES, Robert U. y Steven M. Miller (1985), "Socioeconomic Impacts of Industrial Robots: An Overview," en Shimon Y. Nof (ed.) *Handbook of Industrial Robotics*, Ed. John Wiley & Sons, EE.UU., p.p. 467-496.
- BALDERAS, Óscar (2012, 18 de septiembre), "El sexenio cierra con 876 mil más desempleados que en 2006," *ADN Político*, recuperado el 5 de noviembre del año 2012, en: <http://www.adnpolitico.com/2012/2012/10/08/felipe-calderon-la-promesa-rotada-del-presidente-del-empleo>.
- BARRIENTOS Antonio y Carlos Balaguer (1996), *Fundamentos de robótica*, Ed. McGraw-Hill Interamericana de España, España.
- BASTOS T., Paulo (1986), "Las Tendencias Internacionales en la Electrónica y la Informática," en Carlos Ominami (ed.) *LA TERCERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL: Impactos internacionales del actual viraje tecnológico*, RIAL – Anuario 1986, Grupo Editor Latinoamericano, p.p. 91-106.
- BLANCHARD, Ben (2011, 3 de julio), "Apple, Foxconn Scandal Highlights Exploitation Of Chinese Workers By Foreign Firms," *Huffingtonpost*, recuperado el 5 de noviembre del año 2012, en: http://www.huffingtonpost.com/2012/03/07/apple-foxconn-scandal_n_1325930.html.
- BREAZEAL, Cynthia (2002), *Designing Sociable Robots*, Ed. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, EE.UU.
- ČAPEK, Karel (1921), R.U.R.: *Rossum's Universal Robots*, Ed. The Echo Library, Inglaterra: 2010.
- CARTER, Charles F. Jr. (1985), "The Role of Robots in Automating Work," en Shimon Y. Nof (ed.) *Handbook of Industrial Robotics*, Ed. John Wiley & Sons, EE.UU., p.p. 9-20.
- Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (2005, 11 de octubre), *World Robotics 2005*, [comunicado de prensa], ECE/STAT/05/P03, UNECE/IFR, Geneva, recuperado de: http://www.unece.org/fileadmin/DAM/press/pr2005/05stat_p03e.pdf.
- CONTRERAS, Óscar F., y Luis F. Munguía (2007), "Evolución de las maquiladoras en México: Política industrial y aprendizaje tecnológico," en *Región y Sociedad*, vol. XIX, núm. especial, Colegio de Sonora, Sonora, México, p.p. 71-87.
- CRAIG, John J. (2006), *Robótica*, Ed. Pearson Educación, 3era. ed., México.
- CORIAT, Benjamín (1990), *El Taller y el Robot: Ensayos sobre el fordismo y la producción en masa en la era de la electrónica*, Ed. Siglo Veintiuno, México: 1992.
- CROOKS, Ed (2012, 2 de abril), "GE takes \$1bn risk in bringing jobs home," *Financial Times*, recuperado el 5 de noviembre del año 2012, en: <http://www.ft.com/cms/s/0/21a46546-78f1-11e1-88c5-00144feab49a.html#axzz1qzkKeKdy>.
- DENISON, Edward F. (1962), "The Sources of Economic Growth in the United States and the Alternatives before Us," *Supplementary Paper no. 13*, Committee for Economic Development, New York, EE.UU.
- DENISON, Edward F. (1967), *Why Growth Rates Differ*, Ed. Brookings Institution, Washington D.C., EE.UU.
- DENISON, Edward F. (1979), *Accounting for Slower Economic Growth*, Ed. Brookings Institution, Washington D.C., EE.UU.
- DUSSEL P., Enrique (2012), "40 años de la relación entre México y China. Acuerdos, desencuentros y futuro", *UNAM/Cechimex*, Cámara de Senadores y CICIR, México, p.p. 83-84.
- DUSSEL P., Enrique (2011), "La manufactura en México: condiciones y propuestas en el corto, mediano y largo plazo," en José Luis Calva (ed.) *Nueva política de industrialización*, vol. 7 de Análisis Estratégico para el Desarrollo, Juan Pablos Editor/Consejo Nacional Universitario, México.
- ENGELBERGER, Joseph F. (1985), "Historical Perspective of Industrial Robotics," en Shimon Y. Nof (ed.) *Handbook of Industrial Robotics*, Ed. John Wiley & Sons, EE.UU., p.p. 3-8.
- Federación Internacional de Robótica (2010), *World Robotics 2010: Executive Summary*, Frankfurt, Alemania.
- Federación Internacional de Robótica (2011), *World Robotics 2011: Executive Summary*, Frankfurt, Alemania.
- Federación Internacional de Robótica (2012a), *World Robotics 2012: Executive Summary*, Frankfurt, Alemania.
- Federación Internacional de Robótica (2012b), *World Robotics - Industrial Robots 2012*, Frankfurt, Alemania.
- FRÖBEL, Folker, Jürgen HEINRICH y Otto KREYE (1977), *La nueva división internacional del trabajo: Paro estructural en los países industrializados e industrialización de los países en desarrollo*, Ed. Siglo Veintiuno, México: 1981.
- GRAJALES V., Carolina (1988), "Teorías del Estado y Política Científica en México," en Leonel Corona y Consuelo González (coord.) *ALERTA TECNOLÓGICA PARA EL MÉXICO DEL SIGLO XXI*, Unidades de Política Científica y Tecnológica en México, México, p.p. 145-160.
- GONZÁLEZ A., Ana L. (2009), "El comportamiento del sector manufacturero mexicano," en *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, núm. 124, recuperado de: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/mx/2009/alga.htm>.
- HANLON, Mike (2011, 3 de noviembre), "Foxconn gears up to build industrial robots - world industrial robot population to double," *Gizmag*, recuperado el 5 de noviembre del año 2012, en: <http://www.gizmag.com/foxconn-gears-up-to-build-industrial-robots/20389/>.
- HEDGE, Ganesh S. (2006), *A Textbook of Industrial Robotics*, Ed. Laxmi Publications, India.

- HEILBRONER, Robert L. (1967), "¿Son las Máquinas el Motor de la Historia?," en Merrit Roe Smith y Leo Marx (eds.) *Historia y determinismo tecnológico*, Ed. Alianza Editorial, México: 1996, p.p. 69-79.
- HILLE, Kathrin (2011, 1 de agosto), "Foxconn looks to a robotic future," *Financial Times*, recuperado el 5 de noviembre del año 2012, en: <http://www.ft.com/intl/cms/s/2/e5d9866e-bc25-11e0-80e0-00144feabdc0.html#axzz2D66dHzrn>.
- INEGI (2006), "Encuesta Nacional de Empleo, Salarios, Tecnología y Capacitación del Sector Manufacturero: ENESTYC 1999," *Secretaría de Trabajo y Previsión Social, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática*, INEGI, México.
- INEGI (2007), "Estadísticas Económicas: Industria Maquiladora de Exportación," *Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática*, México: Febrero.
- INEGI (2010a), "Encuesta Nacional de Empleo, Salarios, Tecnología y Capacitación del Sector Manufacturero: ENESTYC 2005," *Secretaría de Trabajo y Previsión Social, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática*, INEGI, México.
- INEGI (2010b), "Sistema de Cuentas Nacionales de México: Cuentas de bienes y servicios 2003-2008, Año base 2003," Tomo I, primera versión, *Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática*, México.
- INEGI (2011), "Micro, pequeña, mediana y gran empresa: Estratificación de los establecimientos," *Censos Económicos 2009*, México.
- KALLIL, Tom y Sridhar Kota, The White House, Office of Science and Technology Policy (2011), "Developing the Next Generation of Robots," [comunicado de prensa], recuperado de: <http://www.whitehouse.gov/blog/2011/06/24/developing-next-generation-robots>.
- Knowledge@Wharton (2012, 12 de abril), "A New Chinese Export: Jobs," *Time*, recuperado el 5 de noviembre del año 2012, en: <http://business.time.com/2012/04/12/a-new-chinese-export-jobs/>.
- KONDRATIEV, Nicolai (1935), "The Long Waves in Economic Life," *Review of Economics and Statistics*: Noviembre.
- KRUGMAN, P., y M. Obstfeld (2001), *Economía Internacional: Teoría y Política*, 5ta. ed., Ed. Addison Wesley, Madrid, España.
- LIANG, Hong (2012, 3 de septiembre), "Robots pose new challenges to markets," *China Daily*, recuperado el 5 de noviembre del año 2012, en: http://www.chinadaily.com.cn/opinion/2012-09/03/content_15727641.htm.
- MARINI, Ruy M. (1973), *Dialéctica de la dependencia*, Ed. Ediciones Era, México.
- MARIÑA, Abelardo (2004), "Balance y perspectivas de la industria manufacturera mexicana tras veinte años de reestructuración neoliberal: Integración subordinada a Estados Unidos, desindustrialización y precarización del empleo," en *IX Jornadas de economía crítica sobre perspectivas del capitalismo a escala mundial: ¿más destrucción económica y más regresión social?*, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad Complutense, Madrid, España, 25-27 de marzo de 2004.
- MARIÑA, Abelardo (2003), "Crisis estructural capitalista y globalización neoliberal: una perspectiva desde México," en Ernesto Soto Reyes Garmendia, Jaime Aboites Aguilar y Etelberto Ortiz Cruz (coords.) *Estado versus mercado: ¿Ruptura o nueva forma de regulación?*, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, México, p.p. 139-156.
- MARKOFF, John (2012, 18 de agosto), "Skilled Work, Without the Worker," *The New York Times*, recuperado el 5 de noviembre del año 2012, en: <http://www.nytimes.com/2012/08/19/business/new-wave-of-adept-robots-is-changing-global-industry.html?pagewanted=all>.
- MARX, Karl y Frederick Engels (1845-1846), *La Ideología Alemana*, Londres: 1942 (Publicado originalmente en URSS, por el Instituto Marx-Engels bajo la dirección de David Riazanov, en 1932).
- MARX, Karl y Frederick Engels (1848), *Manifiesto del Partido Comunista*, Ed. Progreso, Moscú: 1981.
- MATHIA, Karl (2010), *Robotics for Electronics Manufacturing: Principles and Applications in Cleanroom Automation*, Ed. Cambridge University Press, New York, EE.UU.
- MENSCH, Gerhard (1979), *Stalemate in Technology*, Ed. Ballinger Publishing Company, Massachusetts, EE.UU.
- MENZEL, Peter y Faith D'Aluisio (2001), *Robo sapiens: Evolution of a New Species*, Ed. MIT Press., Cambridge, Massachusetts, EE.UU.
- MICKLE, Paul, 1961: *A peep into the automated future*, recuperado el 5 de noviembre del año 2012, en: <http://www.capitalcentury.com/1961.html>.
- MORENO-BRID, Juan C., Jesús Santamaría y Juan C. Rivas V. (2005), "Manufactura y TLCAN: un camino de luces y sombras," en Urías Brambila Homero (ed.) *Economía UNAM*, vol. 3, núm. 8, Ed. Facultad de Economía, U.N.A.M., México.
- MORENO-BRID, Juan C., Esteban Pérez C. y Pablo Ruiz (2004), "El Consenso de Washington: Aciertos, Yerrores y Omisiones," en *Perfiles Latinoamericanos*, diciembre, núm. 25, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Distrito Federal, México.
- MORI, Kathryn y Carolyn Scarse (2010), *Robot Nation: Robots and the Declining Japanese Population*, recuperado el 5 de noviembre del año 2012, en: <http://www.csa.com/discoveryguides/robots/review.php>.
- MOWERY, David C. y Joanne Oxley (1995), "Inward technology transfer and competitiveness: the role of national innovation systems," en Daniele Archibugi y Jonathan Michie (eds.) *Technology, Globalisation and Economic Performance*, Cambridge University Press, New York, EE.UU.: 1997, p.p. 138-171.
- MUNSON, George E. (2010), *The Rise and Fall of UNIMATION INC.: Story of robotics innovation & triumph that changed the world!*, recuperado el 5 de noviembre del año 2012, en: <http://find.botmag.com/121091>.
- MUSGRAVE R., P. (1992), *Hacienda Pública Teórica y Aplicada*, Ed. McGraw-Hill, 5ta. ed., España, p.p. 3-17.
- NAN, Zhong y Zhao Yanrong (2012, 8 de octubre), "The rise of the robots," *China Daily*, recuperado el 5 de noviembre del año 2012, en: http://www.chinadaily.com.cn/business/2012-10/08/content_15800713.htm.
- NIKU, Saeed B. (2010), *Introduction to Robotics: Analysis, Control, Applications*, Ed. John Wiley & Sons, 2da. ed., EE.UU.
- NOCKS, Lisa (2007), *The Robot: The Life Story of a Technology*, Ed. Greenwood Publishing Group, Connecticut, EE.UU.
- NOTIMEX (2012, 18 de abril), "Banca debe dar más créditos a PyMEs: Ortiz," *El Universal*, recuperado el 5 de noviembre del año 2012, en: <http://www.eluniversal.com.mx/articulos/70244.html>.

- OLAVE C., Patricia (1988), "Crisis, reconversión productiva y nuevas tecnologías," en Leonel Corona y Consuelo González (coord.) *ALERTA TECNOLÓGICA PARA EL MÉXICO DEL SIGLO XXI*, Unidades de Política Científica y Tecnológica en México, México, p.p. 177-198.
- OMC (2012), "Estadísticas del comercio internacional 2012," *Organización Mundial de Comercio*, OMC, Ginebra, Suiza.
- OMINAMI, Carlos (1986), "Tercera Revolución Industrial y Opciones de Desarrollo," en Carlos Ominami (ed.) *LA TERCERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL: Impactos internacionales del actual viraje tecnológico*, RIAL – Anuario 1986, Grupo Editor Latinoamericano, p.p. 15-39.
- PEARCE, Jeremy (2011, 15 de agosto), "George C. Devol, Inventor of Robot Arm, Dies at 99," *The New York Times*, recuperado el 5 de noviembre del año 2012, en: http://www.nytimes.com/2011/08/16/business/george-devol-developer-of-robot-arm-dies-at-99.html?_r=0.
- PÉREZ, Carlota (1986), "Las Nuevas Tecnologías: Una visión de conjunto," en Carlos Ominami (ed.) *LA TERCERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL: Impactos internacionales del actual viraje tecnológico*, RIAL – Anuario 1986, Grupo Editor Latinoamericano, p.p. 43-89.
- PETRAS, James y Morris Morley (1999), "Los ciclos políticos neoliberales: América Latina 'se ajusta' a la pobreza y a la riqueza en la era de los mercados libres," en John Saxe Fernández (coord.) *Globalización crítica a un paradigma*, Ed. Plaza y Janés, Ciudad de México, México, p.p. 215-246.
- PHELPS, Edmund S. (1986), *Economía política: un texto introductorio*, Ed. Antoni Bosch, España, p.p. 37-64.
- RAHUL, Jacob y Sarah Mishkin (2012, 4 de octubre), "China turns to robots as labour costs rise," *Financial Times*, recuperado el 5 de noviembre del año 2012, en: http://www.ft.com/cms/s/0/2a804e04-0c95-11e2-a776-00144feabdc0.html?ftcamp=published_links%2Frss%2Fhome_uk%2Ffeed%2F%2Fproduct#axzz2ALjLMvER.
- RODRÍGUEZ C., Jesús (1997), *Tecnología e Industria: Realidades alcanzables*, Ed. ESIC, México, p.p. 43-52.
- ROJAS G., Antonio (1960), *Tecnología para economistas*, Bufete de Economía Industrial, p.p. 3-11.
- ROMERO, Alberto (2002), *Globalización y pobreza*, Ed. Unariño, Colombia.
- ROS, J. (1994), "Mexico's Trade and Industrialization Experience since 1960," en G.K. Helleiner (ed.) *Trade Policy and Industrialization in Turbulent Times*, Ed. Routledge, Londres, Inglaterra.
- SALVENDY, Gavriel (1985), "Human Factors in Planning Robotic Systems," en Shimon Y. Nof (ed.) *Handbook of Industrial Robotics*, Ed. John Wiley & Sons, EE.UU., p.p. 639-664.
- SCHMITZ, Rob (2012, 9 de abril), "A look behind the gates of Foxconn," *Marketplace*, recuperado el 5 de noviembre del año 2012, en: <http://www.marketplace.org/topics/tech/apple-economy/look-behind-gates-foxconn>.
- SCHUMPETER, Joseph A. (1950), *Capitalismo, Socialismo y Democracia, Tomo I*, Ed. ORBIS, España: 1983.
- SOLOW, R. (1957), "Technical Change and the Aggregate Production Function," *Review of Economics and Statistics*: Agosto.
- STONE, Brad (2012, 18 de septiembre), "Smarter Robots, With No Wage Demands," *Businessweek*, recuperado el 5 de noviembre del año 2012, en: <http://www.businessweek.com/articles/2012-09-18/smarter-robots-with-no-pesky-uprisings#p1>.
- STUBBS, Kristen (2008), *Robot-Proxy Grounding*, Ed. ProQuest, EE.UU.
- SYLOS L., Paolo (1957), *Oligopolio y progreso técnico*, Ed. Oikos-Tau, España: 1965, pp. 123-178.
- TELLO, Carlos y Jorge Ibarra (2012), *La Revolución de los Ricos*, Facultad de Economía, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, D.F., México.
- The White House, Office of the Press Secretary (2011), "President Obama Launches Advanced Manufacturing Partnership," [comunicado de prensa], recuperado de: <http://www.whitehouse.gov/the-press-office/2011/06/24/president-obama-launches-advanced-manufacturing-partnership>.
- UNGER, Kurt y Luz Consuelo Saldaña (1984), *México. Transferencia de Tecnología y Estructura Industrial*, Libros del CIDE, México, p.p. 87-101.
- VERGARA R., Delia M. (1988), "ALGUNOS ASPECTOS DE LA DEPENDENCIA TECNOLÓGICA DE MÉXICO," en Leonel Corona y Consuelo González (coord.) *ALERTA TECNOLÓGICA PARA EL MÉXICO DEL SIGLO XXI*, Unidades de Política Científica y Tecnológica en México, México, p.p. 161-176.
- VIEIRA, Pedro A. (1988), "LAS PERSPECTIVAS DE LAS TECNOLOGÍAS DE AUTOMACIÓN INDUSTRIAL BASADA EN LA MICROELECTRÓNICA EN AMÉRICA LATINA: apuntes para una comprensión teórica," en Leonel Corona y Consuelo González (coord.) *ALERTA TECNOLÓGICA PARA EL MÉXICO DEL SIGLO XXI*, Unidades de Política Científica y Tecnológica en México, México, p.p. 53-65.
- WEITZMAN, Hal (2012, 14 de mayo), "Empresas estadounidenses optan por repatriar la producción proveniente de Asia," *Pulso*, recuperado el 5 de noviembre del año 2012, en: <http://www.pulso.cl/noticia/portada/ft/2012/05/22-6157-9-empresas-estadounidenses-optan-por-repatriar-la-produccion-proveniente-de-asia.shtml>.