

Innovación en el Equipamiento Didáctico para el Desarrollo de Habilidades y Competencias Profesionales Pertinentes, en los Programas Educativos de Ingeniería Industrial y Mecánica del Instituto Tecnológico de Aguascalientes

Innovation in the Teaching Equipment for the Development of Relevant Professional Skills and Competencies, in the Educational Programs of Industrial and Mechanical Engineering of the Technological Institute of Aguascalientes.

Jorge Tito Yáñez Martínez ^{a,*}, Carlos Sánchez López ^b

^a *Coordinación de Posgrado del Centro de Tecnología Avanzada CIATEQ A.C. Sede Aguascalientes, Ags.*

^b *Tecnológico Nacional de México/I.T. de Aguascalientes, Departamento de Metal-Mecánica.*

Resumen

El presente trabajo describe los elementos, resultado de la investigación exploratoria que tiene como objetivo la identificación de áreas de oportunidad que deberán considerarse en la actualización del equipamiento didáctico del Instituto Tecnológico de Aguascalientes, que permita a la comunidad académica, desarrollar un Perfil de Egreso, con Habilidades y Competencias Pertinentes.

En la investigación, se analizan los perfiles de egreso en áreas de ingeniería industrial y mecánica, con su respectiva infraestructura en talleres y laboratorios; además de considerar las necesidades que el Sector Productivo exige en los profesionistas que se integran a sus filas.

Dichos elementos permiten generar un planteamiento para el desarrollo de propuestas en la adecuación de perfiles de egreso y la infraestructura académica, mediante la Innovación en un Sistema de Manufactura Flexible con fines didácticos, en donde se integren elementos como, Células de Manufactura, Sistemas de Monitoreo y Control, el Análisis de la Sustentabilidad Energética, entre otros.

Permitiendo el fortalecimiento de las habilidades y competencias pertinentes, que brindan la oportunidad para dar cumplimiento de los objetivos institucionales, en atención a las necesidades del sector productivo del estado de Aguascalientes y su región.

Palabras Clave:

Sistemas de Manufactura Flexible, Celda de Manufactura, Sustentabilidad Energética, Educación Basada en Competencias, Perfil de Egreso, Pertinencia Profesional.

Abstract

The present work describes the elements, the result of the exploratory research that aims to identify areas of opportunity that should be considered in the updating of the didactic equipment of the Technological Institute of Aguascalientes, which allows the academic community to develop an Exit Profile, with Relevant Skills and Competencies.

In the research, the discharge profiles in areas of industrial and mechanical engineering are observed, with their respective infrastructure in workshops and laboratories; In addition to considering the needs that the Productive Sector requires in the professionals that are integrated into its ranks, identifying the needs in the future.

These elements allow generating an approach for the development of proposals in the adaptation of graduation profiles and academic infrastructure, through Innovation in a Flexible Manufacturing System for didactic purposes, where elements such as Manufacturing Cells, Monitoring Systems are integrated. and Control, the Analysis of Energy Sustainability, among others.

Allowing the strengthening of relevant skills and competencies, which provide the opportunity to fulfill the institutional objectives, in response to the needs of the productive sector of the state of Aguascalientes and its region.

Keywords:

Flexible Manufacturing Systems, Manufacturing Cell, Energy Sustainability, Competency Based Education, Graduate Profile, Professional Pertinence.

1. Introducción

El Instituto Tecnológico de Aguascalientes (ITA), desde su creación se ha caracterizado por formar a los profesionistas que

desarrollan el entorno económico e industrial de Aguascalientes y la Región Bajío, por lo que ha procurado mantener los Programas Educativos (PE) y su infraestructura académica, acordes a las necesidades de dicho entorno.

*Autor para la correspondencia: jorgetitoyanez@gmail.com

Correo electrónico: jorgetitoyanez@gmail.com (Jorge Tito Yáñez Martínez), drcarlossl@yahoo.com (Carlos Sánchez López).

Al observar el sector industrial se puede identificar que, en los últimos años, éste ha presentado un notorio desarrollo en la Industria Automotriz y de Autopartes; y que la dinámica tecnológica que conlleva señala la necesidad de analizar la pertinencia de los PE, Talleres, Laboratorios, Software, etc. los cuales permiten desarrollar las habilidades y competencias necesarias en los estudiantes que se forman como futuros profesionistas, en las instalaciones del ITA.

En este sentido, se desarrolla la investigación que permita establecer los parámetros adecuados para que, en su caso, se adapten los contenidos temáticos de los PE, se actualice el equipamiento en los laboratorios y talleres, se modifique el modelo de vinculación con las empresas, etc.

En esta investigación, se tomaron en consideración los PE de Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecánica, de los cuales se observaron características como el Perfil Profesional, la infraestructura de los Talleres, Laboratorios de Procesos Industriales Automotrices y de Manufactura, Software y Materiales, con los cuales se cuenta para el desarrollo de actividades académicas.

La investigación arroja datos, los cuales permiten realizar propuestas para las adecuaciones necesarias que mantengan la pertinencia de los PE, y la infraestructura académica, en pro del cumplimiento de los objetivos organizacionales del Instituto Tecnológico de Aguascalientes.

2. Fundamentos Teóricos

A pesar de que México es uno de los 10 principales países productores de vehículos a nivel mundial, la contribución al valor agregado es baja; por lo que, realizar actividades de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+I) podrían llevar al país a una posición más alta en la cadena de valor.

Y según los datos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), en México el Gasto en Investigación y Desarrollo Experimental (GIDE) ha oscilado entre el 0.37% del PIB en el año 2007 y el 0.46% del PIB en 2016. En estos años, la mayor parte del financiamiento provino del sector público, en promedio el 64.3%; seguido del sector privado que aportó el 28.1%; por su parte, el financiamiento externo representa el 3.8% del total al igual que el que proviene de Instituciones de Educación Superior [ProMéxico, 2017].

Por lo anterior, es importante poner atención en el desempeño que tiene México y el tipo de políticas en este tema, para poder impulsar el desarrollo tecnológico y la innovación en este sector.

En tal sentido, el Instituto Tecnológico de Aguascalientes (ITA), que se encuentra situado en la Región Centro-Occidente de nuestro país, en donde en los últimos años se ha desarrollado de una forma muy dinámica la Industria Automotriz y de Autopartes; tiene como misión: *“Ofrecer Educación Superior Tecnológica de calidad que logre la transformación del estudiante como agente integral del cambio, con capacidad de investigar, desarrollar y transferir tecnología socialmente útil en su campo profesional, permitiéndole desempeñarse de manera ética, moral, incluyente y comprometida con el desarrollo sustentable y sostenible, insertarse con éxito en la comunidad global”*

Y de acuerdo con el documento: Manual de Lineamientos Académico-Administrativos del Tecnológico Nacional de México (TecNM) al cual pertenece el ITA, se señala que *“La base de la formación profesional de este proyecto educativo se fundamenta en el desarrollo de competencias profesionales, que permitan generar esa aplicabilidad de lo aprendido y a su vez hacerlo pertinente, flexible y adaptable a los diversos cambios*

del entorno y necesidades locales, nacionales y globales del sector laboral” [TecNM,2015].

Por lo que se debe considerar, que las competencias son aquellos comportamientos, destrezas y actitudes visibles que las personas aportan en un ámbito específico de actividad para desempeñarse de manera eficaz y satisfactoria y que consisten en la capacidad de vincular el saber con el hacer y el ser, representa un reto para el TecNM la consolidación de su modelo educativo fundamentado en la formación basada en competencias profesionales, buscando que los egresados tengan un impacto positivo en el contexto y lleven a cabo de manera exitosa, tareas en el ámbito de su ocupación profesional. Tal es el caso, que inspiran las cuatro dimensiones como pilares de una educación integral: *La formación en el saber, en el saber hacer, en el saber ser y en el saber vivir, dimensiones que reposan en antecedentes epistemológicos y filosóficos en función de que el sujeto logre la sabiduría, la cual es un concepto más complejo que el de saber, saber hacer, saber ser y saber vivir, pero que los engloba a todos sin reducirlos* [Delors, Jacques, 2007].

Es importante hacer hincapié que la Educación Basada en Competencias está considerada como *“la existencia de un proceso mediante el cual se desarrollan los conocimientos, habilidades, actitudes y valores que generarán una competencia, la implicación en dicho proceso de actores participantes, principalmente, aunque no exclusivamente, el docente y el alumno, el reconocimiento del fin último de la creación de competencias como el de generar productos-resultados susceptibles de valorarse, y por ende, la existencia de parámetros de comparación que puedan establecer el grado de desarrollo y dominio de la competencia”*[Figueroa, Roberto Celaya, 2013].

Las Competencias Profesionales tienen una relevante importancia en la Industria Automotriz en México ya que ésta, se ha desarrollado en el corredor Bajío-Norte de nuestro país, y cuenta con un plan estratégico que dirige los esfuerzos de los sectores participantes, mediante el Programa Estratégico de la Industria Automotriz 2012-2020; cuyo objetivo es el de *“integrar las estrategias y políticas que impulsarán a la industria automotriz terminal y de partes y componentes que permitan convertir a México en uno de los tres lugares preferidos mundialmente para el diseño y la manufactura de vehículos, partes y componentes, además de buscar ampliar el mercado doméstico de vehículos nuevos, con la finalidad de generar nuevas inversiones en este sector”* [Secretaría de Economía, 2012].

Dicho plan de desarrollo tecnológico e innovación, también debería estar fundamentado en la Sustentabilidad Energética, la cual es definida por el World Energy Council - WEC, como *“el equilibrio entre tres dimensiones principales: la seguridad energética, la equidad social, y la mitigación del impacto ambiental”*; si se considera que *“al analizar un entorno cambiante y la creciente preocupación por el sistema humano-ecología, los fabricantes reconocen las ventajas de asumir la responsabilidad de reducir el consumo de energía y los residuos industriales”* [IEEE Trans.Eng.Manag, 2007].

Por lo que, las habilidades y competencias profesionales, aplicadas para el desarrollo de sistemas industriales, deberán estar también basados en la Seguridad Energética, la Equidad Social, y la Mitigación del Impacto Ambiental, ya que dichos elementos *“son un trilema que requiere de complejas interconexiones entre sectores público y privado, entre gobiernos y entes reguladores, entre la economía, los recursos nacionales disponibles, las normativas legales vigentes, las preocupaciones ambientales y el comportamiento individual y colectivo de las sociedades”* [M. Coviello, 2003].

Tomando en cuenta el entorno industrial de la región de Aguascalientes, las características en habilidades y competencias profesionales de los PE del ITA, y la necesidad de desarrollar el tema de la Sustentabilidad Energética en los Sistemas Industriales, se genera un análisis que permita seleccionar las mejores herramientas para concebir la infraestructura académica adecuada, para que los estudiantes de los PE afines a la Industria Automotriz y de Autopartes, logren desarrollar las habilidades y competencias profesionales necesarias, que agregarán I+D+I a la cadena de valor de dicha industria.

3. Materiales y Métodos

Gran parte de la investigación para este proyecto es exploratoria y documental, en donde fue necesario reconocer en primera instancia cual es el sector económico que más aporta al desarrollo económico de la región y el estado de Aguascalientes.

Identificando como elemento fundamental al Sector de la Industria Automotriz y de Autopartes, por lo que fue necesario analizar cuáles son los Programas Educativos que en el ITA se imparten, y que atienden las necesidades de este sector, enfocarse en las habilidades y competencias que los profesionistas que colaboran en la industria de este sector requieren; observando la metodología del TecNM para la apertura y pertinencia de PE [TecNM], identificando y enfocando la investigación solo en los PE de Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecánica.

Aunado a esto, se analizaron los términos de I+D+I, que forman parte de las necesidades que se marcan como primordiales para el desarrollo del valor agregado en la cadena de valor de la industria automotriz en México.

Y en la integración de todos los temas, se aplican las metodologías para la observación de la Investigación, el Desarrollo e Innovación, de acuerdo con los Manuales de Frascati, Oslo y Bogotá, desarrollados y publicados por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) [Eulália Fuentes Pujol, 2016].

Dicha integración, da la pauta para señalar las áreas de oportunidad, en las cuales se deberán enfocar los esfuerzos para desarrollar las habilidades y competencias profesionales en los estudiantes del ITA, proveyéndoles una infraestructura adecuada.

Por lo que, si se considera que el Sector de la Industria Automotriz y de Autopartes, en México representa el 6.7% de las exportaciones mundiales de esta industria, como se muestra en la figura 1.

Principales países exportadores de la Industria automotriz, 2014

Lugar	Países	Millones de dólares	Porcentaje
	Exportaciones del mundo	1 266 017	100.0
1	Alemania	248 911	19.7
2	Japón	139 048	11.0
3	Estados Unidos de América	126 139	10.0
4	México	84 258	6.7
5	Corea, República de	72 639	5.7
6	Canadá	58 377	4.6
7	España	50 838	4.0
8	Reino Unido	50 059	4.0
9	China	48 766	3.9
10	Francia	44 729	3.5
11	Bélgica	43 847	3.5
12	Italia	33 926	2.7

Fuente: Elaboración con base en datos del "International Trade Center".

Figura 1. A nivel internacional la Industria Automotriz es un ejemplo de liderazgo p. 31 [INEGI/AMIA, 2016]

En donde Aguascalientes es una de las entidades federativas que más aportan en la fabricación de automóviles y camiones, con el 6.8% como se muestra en la figura 2.

Fabricación de automóviles y camiones por entidad federativa



Fuente: INEGI. Censos económicos 2014.

Figura 2. El desarrollo de la Industria Automotriz y de Autopartes en México, p.19 [INEGI/AMIA, 2016]

Observándose que las principales áreas de proveeduría en la fabricación de automóviles y camiones son las que se muestran en la figura 3.

Principales proveedores de la producción de automóviles y camiones: Aguascalientes



Fuente: INEGI. Censos económicos 2014.

Figura 3. La importancia de la Industria Automotriz y de Autopartes en Aguascalientes, p.23 [INEGI/AMIA, 2016]

Para identificar las necesidades de capacitación en las empresas que forman parte de la cadena de suministro de la Industria Automotriz y de Autopartes (Figura 4), se analizan a las empresas que conforman GIRAA A.C. uno de los principales Clúster de este sector en Aguascalientes, en donde se señala, que las áreas con necesidades de capacitación son: *Planificación y Gestión de la Producción, Lean Manufacturing, Automatización Industrial, Desarrollo de Proyectos de innovación y de Producto, entre otras.*

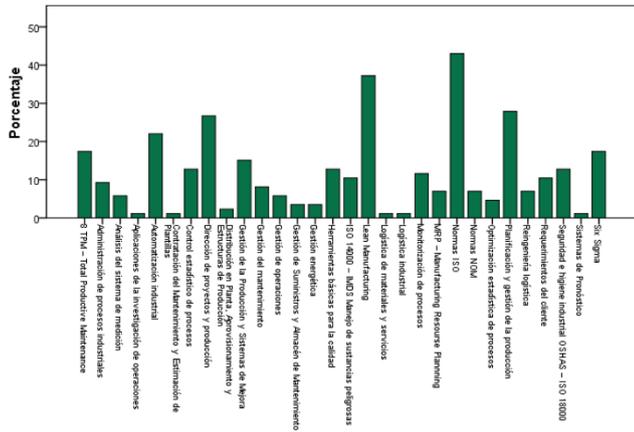


Figura 4. Temáticas con necesidades de capacitación [CIMAT, 2016].



Figura 5. Celda de Manufactura del Laboratorio de Automatización y Control. Fuente: Toma del autor.

4. Resultados y Discusión

Una vez identificadas las áreas de oportunidad, se analizan los PE del ITA que son afines a estos temas, observando que, en los objetivos generales de Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecánica, se señala:

Ingeniería Industrial: “*Formar profesionales que contribuyan al desarrollo sustentable, con una visión sistémica, que responda a los retos que presentan los constantes cambios, en los sistemas de producción de bienes y servicios en el entorno global, con ética y comprometidos con la sociedad*”.

Ingeniería Mecánica: “*Formar profesionales con actitud y capacidad para desarrollar, investigar y aplicar técnicas y tecnológicas en áreas de la ingeniería mecánica, como: energía, fluidos, diseño, manufactura, automatización, control, materiales, montaje y mantenimiento de equipo, entre otras; Los recursos humanos y materiales en forma segura, racional, eficiente y sustentable; con disposición creativa y emprendedora; con fundamentos éticos y comprometidos, en todo momento, con el bienestar de la sociedad*”.

Por lo que esta investigación, se enfoca en la observación de estos dos PE; además una ventaja es que, por enfocarse a las mismas áreas del conocimiento, comparten infraestructura de Talleres y Laboratorios; entre los que se encuentran:

- Laboratorio de Procesos Industriales y Automotrices.
 - Logística.
 - Automatización y Control.
 - Salud Ocupacional y Simulación.
- Laboratorios de Cómputo.

En el Laboratorio de Procesos Industriales y Automotrices, se cuenta solo con una Celda de Manufactura (CM), la cual está conformada por dos estaciones de trabajo: Torno y Fresa de Control Numérico Computarizado (CNC) y un brazo robótico (Figura 5); dicho sistema tiene las funciones para ejemplificar las áreas principales en un sistema productivo, sin embargo es un equipamiento que no se integra a un proceso de manufactura completo, por lo que no logra el desarrollo de las competencias y habilidades profesionales que son necesarias desarrollar I+D+I, como valor agregado a la cadena de valor de la industria automotriz y de autopartes.

En tal sentido, se puede decir que la estructura de dichos talleres y laboratorios cubre las necesidades básicas para el desarrollo de competencias y habilidades, ya que el equipo está

enfocado en el producto, y no en el proceso y el análisis energético; por lo que, se requiere de una integración más amplia de estos temas, para cubrir las necesidades de la pertinencia en los perfiles de egreso de las áreas del conocimiento que el entorno laboral requiere.

El tema de las actualizaciones de los PE es un elemento importante para considerar, ya que se observa que, en Ingeniería Mecánica la especialidad en “Diseño y Manufactura Automatizada”, fue autorizada para impartirse a partir del primer semestre del 2018. Y en el caso de Ingeniería Industrial, cuenta con especialidades en dos áreas del conocimiento: Logística, Calidad y Manufactura Esbelta, y Manufactura y Calidad; las cuales tiene el diseño del perfil de egreso del 2010.

Por lo que se considera analizar la posibilidad de iniciar los trámites para la actualización institucional de los PE, en conjunto con los Talleres y Laboratorios, ya que se observa que no existe un programa de actualización, que sea integral, es decir, no se cuenta con una metodología para mantener permanentemente actualizada dicha infraestructura y que esta sea pertinente al entorno.

Además, es importante no dejar de lado la Sustentabilidad Energética, ya que este es un tema sensible y en el que los egresados requieren fortalecer sus habilidades y competencias; y no solo se les permitirá considerar todos los aspectos de la I+D+I en la Industria Automotriz y de Autopartes, si no también, se podrá cumplir con las recomendaciones del Consejo Mundial de Energía hechas a México, en donde se debe aplicar una estrategia integral, la cual deberá estar conformada por tres ejes rectores, los cuales son:

1.- Seguridad Energética: Diversificar la disponibilidad y uso de energéticos; Satisfacer las necesidades energéticas básicas; Desarrollar las capacidades humanas y tecnológicas.

2.- Eficiencia Económica y Productiva: Proveer la energía al menor costo posible; Contar con una oferta suficiente de calidad y a precios competitivos; Aprovechar de manera eficiente los recursos energéticos; Contar con mercados nacionales vinculados a los internacionales; Mantener estándares internacionales de seguridad; Adoptar las mejores prácticas de la inversión en infraestructura.

3.- Sustentabilidad Ambiental: Reducir impactos ambientales; Uso racional del recurso hídrico y del suelo; Remediar y evitar impactos ambientales.

En México los resultados de la aplicación de estas estrategias podían ser sobresalientes, dado que nuestro país ocupa el lugar número 24 de 95 países, con las siguientes posiciones: 7° en Equidad Social, 44° en Seguridad Energética, y el 55° en Mitigación del Impacto Ambiental. [Chávez, 2010]

5. Conclusión

La identificación de las áreas de oportunidad como resultado de esta investigación, permiten el planteamiento de propuestas, que innoven en el fortalecimiento de las habilidades y competencias profesionales, desarrollando un perfil de egreso pertinente, en conjunto con la integración del equipamiento en talleres y laboratorios, en las áreas de Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecánica; lo que brindará mejores oportunidades a los egresados, para una pronta integración y aporte a la cadena de valor en la Industria Automotriz y de Autopartes.

Para obtener el impacto en los resultados deseados, se propone considerar elementos como los siguientes:

1.- Analizar la pertinencia de los equipos de la Celda de Manufactura (CM) del ITA, identificando las Competencias y Habilidades que se pueden desarrollar en los perfiles en áreas afines a los Procesos de Producción y manejo de Sistemas de Manufactura Flexible (SMF).

Dicho análisis deberá estar apegado a la normatividad emitida por el TecNM, mediante el Análisis de Pertinencia para la Apertura y/o Permanencia de Programas Educativos.

2.- Integración de Células de Fabricación y Aplicaciones de Software, para fortalecer el desempeño de la CM existente; para lo cual se deben considerar las propias características y parámetros de desempeño (Flexibilidad, Fiabilidad, Eficacia, Producto, etc.), además de las variables tecnológicas condicionales (Tipo de producto, proceso, equipos, gestión del control, tipo de producción, etc.), para de esta forma innovar en un SMF, acorde a la pertinencia de los PE y al desarrollo de investigación aplicada, con características industriales y de acuerdo a las necesidades de la industria de Aguascalientes.

3.- Innovar en el equilibrio, entre las tres dimensiones principales de la sustentabilidad energética en los Procesos Productivos: la seguridad energética, la equidad social, y la mitigación del impacto ambiental. Esto mediante el análisis y la aplicación de la gestión eficaz del suministro energético del SMF, la observación de los costos de producción y la eficacia en el uso de la energía.

4.- Un elemento importante a considerar, es la dinámica tecnológica y los costos para el acondicionamiento de los Laboratorios y Talleres; por lo que se analizan alternativas que consideren la integración de Hardware y Software, para que se logre la integración en algo similar al Product Lifecycle Management (PLM); los cuales conforman una plataforma integral para la Ingeniería Concurrente o integración de áreas como: CAD/CAM/CAE/CIM; que son precisamente las áreas con las cuales se pretende desarrollar un sistema innovador, que permita integrar nuevas tecnologías de fabricación, monitoreo y control de los Procesos de Producción, tomando en cuenta que *“La evaluación del ciclo de vida (ACV o PLM) ofrece una herramienta integral que abarca todos los intercambios*

ambientales (Es decir, recursos, energía, emisiones y residuos) que ocurren durante el ciclo de vida del producto” [Klöpffer, 2007].

Los resultados del análisis de estos elementos, serán planteados al TecNM, de acuerdo a los lineamientos Académico-Administrativos, emitidos para la modificación de los Programas Educativos y Especialidades, en la siguiente sesión de actualización, para que sean contemplados, y permitan la adecuación de las competencias profesionales y equipamiento, acorde a las necesidades del Perfil de Egreso que sector productivo del estado de Aguascalientes y su región demandan.

Agradecimientos

Al Instituto Tecnológico de Aguascalientes (ITA), al Centro de Tecnología Avanzada (CIATEQ), y a todos los involucrados; por las facilidades para el desarrollo de la investigación doctoral.

Referencias

- TecNM. Manual de Lineamientos Académico-Administrativos del Tecnológico Nacional de México. Planes de Estudio para la Formación y Desarrollo de Competencias Profesionales. Ciudad de México: SEP-TecNM, 2015.
- Delors, Jacques. La Educación Encierra Un Tesoro; Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el Siglo XXI. Paris, FR: Santillana-UNESCO, 2007.
- Figuerola, Roberto Celaya. Educación REALMENTE Superior. Ciudad Obregón, Sonora, México: Gestión Editorial; Oficina de Producción de Obras Literarias y Científicas. ITSON, 2013.
- Secretaría de Economía. Programa Estratégico de la Industria Automotriz 2012-2020. México, DF: Dirección General de Industrias Pesadas y de Alta Tecnología, 2012.
- ProMéxico. Capacidades de los Servicios de I+D+i en la Industria Automotriz Mexicana. Unidad de Inteligencia de Negocios. Ciudad de México, México: Secretaría de Economía, abril 2017. p18 y p23.
- M. Coviello, H. Altomonte, A. Bárcena, F. Sánchez. Sostenibilidad Energética en América Latina y el Caribe: El aporte de las Fuentes Renovables. Brasilia: CEPAL, 2003. Conferencia Regional para América Latina y el Caribe sobre Energías Renovables. págs. 5-7.
- IEEE Trans.Eng.Manag. Green manufacturing: an evaluation of environmentally sustainable manufacturing practices and their impact on competitive outcomes. Rusinko, C.A. 2007, p. 445-454
- Eulália Fuentes Pujol, Llorenç Arguimbau Vivó. I+D+I: Una Perspectiva Documental. Anales de Documentación, N° 11, 2008, Págs. 43-56.
- INEGI/AMIA. Estadísticas a propósito de la industria automotriz, 2016.
- Centro de Investigación en Matemáticas A.C. (CIMAT). Modelo de capacitación en ingeniería estadística del sector automotriz y de autopartes del estado de Aguascalientes. 2016.
- Klöpffer, W., Curran, Mary Ann, Frankl, P., Heijungs, R., Köhler, A., Olsen, S.I. Nanotechnology and life cycle assessment: a systems approach to nanotechnology and the environment. 2007, Woodrow Wilson International Center.
- Chávez, Octavio A. Rascón. La Sustentabilidad Ambiental, Un Gran Desafío de la Energía Eléctrica. México, DF. CONACYT, 2010.