

# Desarrollo sustentable en la industria automotriz de México

*Gonzalo Maldonado Guzmán<sup>1</sup>  
Sandra Yesenia Pinzón-Castro<sup>2</sup>*

## Introducción

La investigación en el desarrollo sustentable ha estado ganando cada vez más la atención de investigadores, académicos, profesionales de la industria, empresarios y políticos en las últimas dos décadas (Bhatt *et al.*, 2020), ya que permite a las empresas manufactureras, entre ellas las que integran la industria automotriz, no sólo una reducción en sus costos totales sino también

- 
- 1 Departamento de Mercadotecnia, Centro de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Avenida Universidad No. 940, Ciudad Universitaria, C.P. 20231, Aguascalientes, Ags. Correo electrónico: gmaldo-na@correo.uaa.mx, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8814-6415>
  - 2 Departamento de Mercadotecnia, Centro de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Avenida Universidad No. 940, Ciudad Universitaria, C.P. 20231, Aguascalientes, Ags. Correo electrónico: sandra.pinzon@edu.uaa.mx, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0463-1008>

un mayor rendimiento financiero a través del desarrollo de productos más amigables con el medio ambiente (Nidumolu *et al.*, 2009). Así lo demuestra un estudio reciente que se aplicó a más de 30,000 participantes de 60 países distintos, quienes consideraron estar dispuestos a pagar un precio adicional por aquellos productos que no dañen el medio ambiente (The Nielsen Company, 2015), es decir, la mejora de los procesos en el desarrollo de nuevos productos que incorporan prácticas económicas y medioambientales sustentables (Akbar & Irohara, 2018).

Asimismo, en la actual literatura científica el desarrollo sustentable se ha analizado desde distintas perspectivas, las cuales incluyen la manufactura sustentable (Paul *et al.*, 2014; Gbededo & Liyanage, 2018; Gbededo *et al.*, 2018; Eslami *et al.*, 2019; Lee *et al.*, 2019), la manufactura verde (Paul *et al.*, 2014; Shrivastava & Shrivastava, 2017; Pang & Zhang, 2019), métodos de evaluación de la sustentabilidad medioambiental (Brundage *et al.*, 2018), perspectivas de la aplicación tecnológica para el desarrollo sustentable (Garetti & Taisch, 2012), y diseño para el desarrollo sustentable (Ahmed *et al.*, 2018; Kishawy *et al.*, 2018). Además, la mayoría de estos estudios han adoptado enfoques cualitativos para analizar la literatura existente, los cuales han quedado cortos al representar solamente una parte del dominio de la investigación (Pang & Zhang, 2019).

En este sentido, diversos investigadores y académicos han considerado que se debería analizar la estructura del conocimiento a partir de la relación existente entre el desarrollo sustentable y la industria manufacturera, empleando para ello métodos cuantitativos (Pang & Zhang, 2019), aunado a que en la literatura reciente se ha hecho énfasis de la escasez de enfoques holísticos cuantitativos para el análisis del desarrollo sustentable en la industria de la manufactura (Bhatt *et al.*, 2020). Por ello, la principal contribución de este estudio es el análisis del desarrollo sustentable en la industria automotriz, utilizando una muestra de 460 empresas y un análisis eminentemente cuantitativo.

## Desarrollo del trabajo

Prácticamente desde 1987, cuando la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo (WCED, por sus siglas en inglés) acuñó el concepto de desarrollo sustentable para reducir el elevado nivel de consumo de las energías no renovables y de los recursos materiales (Sundin, 2004), el concepto de desarrollo

sustentable se está integrando cada vez más como una estrategia empresarial que permite la producción de bienes con una reducción significativa de recursos, consumo de agua y generación de contaminantes (Ijomah *et al.*, 2004). Así, el reciclaje de materiales y materias primas que se incorporan al proceso de producción de productos se está convirtiendo en una práctica habitual en las empresas manufactureras de la industria automotriz, las cuales ofrecen una garantía igual que la correspondiente a un nuevo vehículo (Paterson *et al.*, 2017).

Además, los vehículos remanufacturados son producidos con una menor cantidad de energía y materiales reciclados (Bras & McIntosh, 1999), generando con ello un mejor nivel de desarrollo sustentable (Gunasekaran *et al.*, 2020). Por ello, la consideración de elementos del desarrollo sustentable, tales como los costos de manufactura, el consumo de energía, la gestión de los residuos, el impacto medioambiental, la salud del personal y la seguridad de las operaciones (Golinska, 2018), permite el logro de las metas y objetivos del desarrollo sustentable de las empresas manufactureras de la industria automotriz, ya que este tipo de actividades no solamente mejoran el medio ambiente, sino que también es favorable tanto para los consumidores como para las empresas al reducirse el precio de los productos entre 20 y 30% (Gunasekaran *et al.*, 2020).

Asimismo, una cadena de suministro sustentable, la logística inversa, la disposición de las condiciones de los productos, el proceso de remanufactura y la distribución (Guide *et al.*, 2003) son elementos sustanciales en la generación de vehículos remanufacturados. Además, las actividades de recuperación de vehículos al término de su vida útil son consideradas como esenciales, y están asociadas con un alto contenido de trabajo humano, un alto desempeño de los productos e igual o mayor garantía que un vehículo que contiene únicamente materiales vírgenes (Golinska, 2018). Por ello, diversos investigadores y académicos han considerado que las empresas de manufactura que están utilizando los cinco procesos básicos (desensamble, limpieza, inspección, clasificación y reensamblado) aportan un mayor valor a los productos (Gunasekaran *et al.*, 2020).

Adicionalmente, la evolución de la industria automotriz que utiliza componentes reutilizados o remanufacturados tiene lugar en diferentes países y en distintas fases, y es muy complicado establecer quién fue el pionero en esta actividad (Gunasekaran *et al.*, 2020). Sin embargo, los miembros de la Asociación de Automóviles y Partes Remanufacturadas (APRA) representa 70% en Estados Unidos, 24% en Europa y 4% en Asia, y en México las plantas ensambladoras de vehículos reutilizan alrededor de 20% de partes remanufacturadas

(Maldonado-Guzmán, 2019). Asimismo, se ha observado que las actividades de recuperación de autopartes en la Unión Europea, Japón y Corea están reguladas por las autoridades gubernamentales, mientras que en Estados Unidos y México están en función de la oferta y la demanda (Gunasekaran *et al.*, 2019).

En este sentido, las empresas manufactureras que reutilizan partes y materias primas en la remanufactura de sus productos tienen un impacto positivo en el desarrollo sustentable a nivel global (Gunasekaran *et al.*, 2019), pero también existen diversas empresas que no tienen interés en la remanufactura de productos por las constantes barreras a las que se enfrentan (Vasudevan *et al.*, 2012), las cuales se pueden analizar desde dos perspectivas: las barreras genéricas, que son inherentes a todas las empresas, y las barreras específicas, que tienen cada uno de los países de acuerdo con la influencia económica, política y social que ejercen las empresas manufactureras que integran la industria automotriz (Sundin, 2004), como es el caso de México, en donde las empresas de la industria automotriz aportan una parte importante del Producto Interno Bruto (PIB) y del crecimiento de la economía.

De igual manera, existe en la literatura científica diversas clasificaciones de las categorías de las barreras relacionadas con la remanufactura de productos, entre las que se encuentran las barreras financieras, participación y apoyo, tecnología, conocimiento, *outsourcing* (Govindan *et al.*, 2013), y las barreras de la implementación de la logística inversa son consideradas como estratégicas (Prakash, 2015). Además, las barreras de los sistemas de servicios de los productos se las identifica porque comúnmente son clasificadas como internas, externas, de mantenimiento y de remanufactura (Kuo *et al.*, 2010). Sin embargo, las clasificaciones anteriormente descritas no establecen una relación entre las barreras de la responsabilidad de los empleados y de los socios comerciales de las empresas manufactureras de la industria automotriz (Gunasekaran *et al.*, 2020).

Por ello, diversos investigadores, académicos y profesionales de la industria consideran que las barreras que enfrentan las empresas manufactureras, sobre todo las que integran la industria automotriz, tienen que ser categorizadas de acuerdo con el nivel de gestión, política e industria del modelo de la triple hélice de la innovación (Leydesdorff, 1995), el cual establece que la industria manufacturera requiere de la división de las barreras en dos grupos: las relacionadas con la gestión y las relacionales con la operación de las actividades productivas (Gunasekaran *et al.*, 2020). Asimismo, de acuerdo con Spinoglio (2015), el modelo de la triple hélice de la innovación describe el de-

sarrollo del sistema de innovación regional generado por la relación existente entre las universidades-industrias-gobierno, lo cual facilitará la eliminación de las barreras existentes.

Para verificar el nivel de implementación del desarrollo sustentable de las empresas de la industria automotriz de México, se utilizó el directorio empresarial de la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA), el cual tenía un registro de 909 empresas productoras de vehículos y autopartes al 20 de noviembre de 2018. Por otra parte, cabe señalar que las empresas asociadas a la AMIA pertenecen a diversas organizaciones y cámaras empresariales locales, regionales y nacionales, por lo cual el estudio no se centró en un grupo o asociación empresarial en particular.

A su vez, se diseñó una encuesta para recabar la información de las distintas actividades del desarrollo sustentable, la cual fue aplicada a una muestra de 460 empresas seleccionadas a través de un muestreo aleatorio simple, con un error máximo de  $\pm 4\%$  y un nivel de confiabilidad de 95%, representando la muestra 50.6% del total de la población objeto de estudio; la encuesta se aplicó durante los meses de enero a marzo de 2019. Además, cabe señalar que todos los gerentes encuestados son los responsables de la implementación de las actividades del desarrollo sustentable en sus respectivas empresas y han estado trabajando en la industria automotriz durante varios años, lo que permitió que los entrevistados proporcionaran información muy valiosa e interesante para el estudio de las prácticas del desarrollo sustentable.

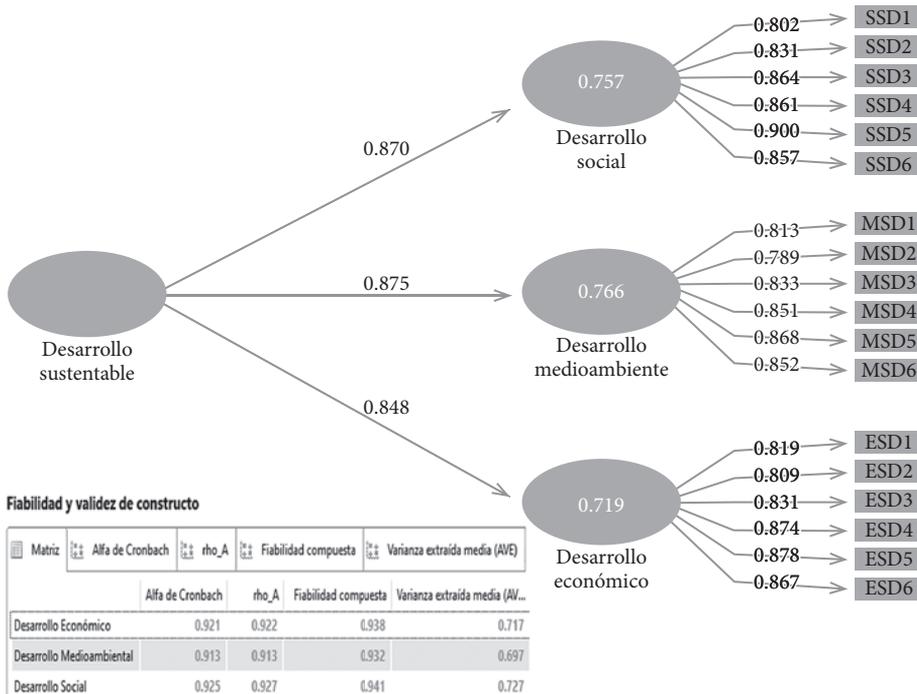
Adicionalmente, para la medición de las prácticas del desarrollo sustentable se realizó una adaptación a la escala propuesta por Adger y Jordan (2009) y Goswami (2014), quienes opinaron que el desarrollo sustentable puede ser medido a través de tres factores: *desarrollo social*, el cual fue medido por medio de seis ítems; *desarrollo medioambiental*, medido por medio de seis ítems; y *desarrollo económico*, que es medido a través de seis ítems. Todos los ítems de los tres factores fueron medidos por medio de una escala tipo Likert de cinco puntos con 1 = total desacuerdo a 5 = total acuerdo como límites, la cual proporciona un balance entre la complejidad de las respuestas y la precisión del análisis estadístico de las ecuaciones estructurales (Forza, 2016; Hair *et al.*, 2016).

Para verificar el nivel de implementación de las prácticas del desarrollo sustentable en las empresas de la industria automotriz de México, se aplicó un modelo de ecuaciones estructurales con el apoyo del software SmartPLS 3.3 (Hair *et al.*, 2019), analizando la fiabilidad y validez de la escala, así como

la validez nomológica del modelo del desarrollo sustentable a través del test de la Chi-cuadrada, por medio de la cual se compararon los resultados obtenidos entre el modelo teórico y el modelo de medida, obteniendo resultados no significativos, lo que permite establecer una explicación de las relaciones observadas entre los constructos latentes (Anderson & Gerbing, 1988).

La siguiente Figura 1 muestra con mayor detalle los resultados obtenidos de la aplicación del modelo de ecuaciones estructurales, en donde se muestra la fiabilidad y validez de las prácticas del desarrollo sustentable de las empresas de la industria automotriz de México.

Figura 1. Fiabilidad, validez y modelo Path del desarrollo sustentable.



Fuente: Elaboración propia.

La figura anterior muestra los resultados obtenidos de la aplicación del modelo de ecuaciones estructurales, y se observa que todas las cargas factoriales estandarizadas de los tres factores son superiores a 0.7, el Alfa de Cronbach y el Índice de Fiabilidad Compuesta (IFC) son superiores a 0.9 y el Índice de la Varianza Extraída (IVE) es superior a 0.5 (Fornell & Larcker, 1981), lo cual indica la existencia de fiabilidad y validez de la escala utilizada. Además, el desarrollo medioambiental es el factor que más contribuye al desarrollo sustentable (0.875), seguido del desarrollo social (0.870) y del desarrollo económico (0.848).

## Conclusiones

Los resultados obtenidos del modelo de ecuaciones estructurales en el software SmartPLS permiten concluir en dos aspectos esenciales. En primer lugar, es posible concluir que las empresas de la industria automotriz en México centran su desarrollo sustentable en el desarrollo medioambiental, es decir, no solamente cumplen con las regulaciones medioambientales establecidas por el gobierno sino que también realizan actividades como la reducción de residuos sólidos industriales, del uso de energías no renovables y del agua potable, lo cual les permite disminuir significativamente los efectos negativos al medio ambiente a través de la disminución de CO<sub>2</sub> y otros contaminantes.

En segundo lugar, la reutilización de materiales, así como de las aguas tratadas y la utilización de energías renovables en la remanufactura de vehículos nuevos, permite a las empresas tanto una reducción de los costos de producción como del precio de los vehículos, lo cual genera un mayor nivel de competitividad de la industria automotriz de México en el mercado global.

En general, es posible concluir que la industria automotriz de México sí está realizando actividades industriales que tienen un impacto positivo en la mejora del nivel del desarrollo sustentable, prueba de ello es el incremento de la producción de vehículos eléctricos que no requieren de combustibles fósiles y de los vehículos híbridos que generan menores niveles de contaminación.

## Referencias

- Adger, W.N. & Jordan, A. (2009). *Sustainability: Exploring the Processes and Outcomes of Governance*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ahmad, S., Wong, K.Y., Tseng, M.L. & Wong, W.P. (2018). Sustainable product design and development: A review of tools, applications and research prospects. *Resource, Conservation & Recycling*, 132(1), 49-61.
- Akbar, M. & Irohara, T. (2018). Scheduling for sustainable manufacturing: A review. *Journal of Cleaner Production*, 205(7), 866-883.
- Anderson, J. & Gerbing, D. (1988). Structural equation modeling in practice: A review and recommended two-step approach. *Psychological Bulletin*, 103(1), 411-423.
- Bhatt, Y., Ghuman, K. & Dhir, A. (2020). Sustainable manufacturing: Bibliometrics and content analysis. *Journal of Cleaner Production*, 260(1), 1-17.
- Bras, B. & McIntosh, M.W. (1999). Product, process, and organizational design for remanufacture: An overview of research. *Robot, Computation, and Integration Management*, 14(3), 167-178.
- Brundage, M.P., Bernstein, W.Z., Hoffenson, S., Chang, Q., Nishi, H., Kliks, T. & Morris, K.C. (2018). Analyzing environmental sustainability methods for use earlier in the product lifecycle. *Journal of Cleaner Production*, 187(7), 877-892.
- Eslami, Y., Dassisti, M., Lezoche, M. & Panetto, H. (2019). A survey on sustainability in manufacturing organizations: Dimensions and future insights. *International Journal of Production Responsibility*, 57(15/16), 5194-5214.
- Fornell, C. & Larcker, D. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research*, 18(1), 39-50.
- Forza, C. (2016). Surveys. In C. Karlsson (ed.), *Research Methods for Operations Management* (2nd. ed.). New York, NY: Routledge.
- Garetti, M. & Taisch, M. (2012). Sustainable manufacturing: Trend and research challenges. *Production, Planning & Control*, 23(2/3), 83-104.
- Gbededo, M.A. & Liyanage, K. (2018). Identification and alignment of the social aspects of sustainable manufacturing with the theory of motivation. *Sustainability*, 10(3), 1-11.

- Gbededo, M.A., Liyanage, K. & Garza-Reyes, J.A. (2018). Towards a life cycle sustainability analysis: A systematic review of approaches to sustainable manufacturing. *Journal of Cleaner Production*, 184(9), 1002-1015.
- Golinska, P. (2018). Sustainability in remanufacturing process: The challenges for its assessment. *Remanufacturing Management*, 74(1), 11-22.
- Goswami, S. (2014). ICT: Sustainable development. *SCMS Journal of Indian Management*, 1(1), 125-133.
- Govindan, K., Kaliyan, M., Kannan, D. & Haq, A.N. (2013). Barriers analysis for green supply chain management implementation in Indian industries using analytic hierarchy process. *International Journal of Production Economics*, 87(1), 1-14.
- Guide, V.D.R., Terry, J. & Van Wassenhove, N. (2003). The challenges of closed-loop supply chains. *International Journal of Supply Chain*, 33(6), 3-16.
- Gunasekaran, H., Gamage, J. & Punchihewa, H. (2019, february). *Remanufacture for sustainability: A review of the barriers and the solutions to promote remanufacturing*. 2018 International Conference on Production Operational Management Social.
- Gunasekaran, H., Gamage, J. & Punchihewa, H. (2020). Remanufacture for sustainability: Barriers and solutions to promote automotive remanufacturing. *Procedia Management*, 43(4), 606-613.
- Hair, J.F., Celsi, M., Money, A., Samouel, P. & Page, M. (2016). *Essentials of Business Research Methods* (3rd. ed.). New York, NY: Routledge.
- Hair, J.F., Hult, G.T., Ringle, C.M., Sarstedt, M., Apraiz, J.C., Carrión, G.A. & Roldán, J.L. (2017). *Manual de Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM)*. Madrid: OmniaScience.
- Ijomah, W.L., McMahon, C. & Childe, S. (2010). Remanufacturing: A key strategy for sustainable development. *Development Manufacturing & Sustainable Development*, 20(4), 51-63.
- Kishawy, H.A., Hegab, H. & Saad, E. (2018). Design for sustainable manufacturing: Approach, implementation, and assessment. *Sustainability*, 10(10), 36-46.
- Kuo, T.C., Ma, H. & Huang, S.H. (2010). Barriers analysis for product service system using interpretative structural model. *International Journal of Production Economics*, 83(3), 407-417.
- Lee, H.T., Song, J.H., Min, S.H., Lee, H.S., Song, K.Y., Chu, C.N. & Ahn, S.H. (2019). Research trends in sustainable manufacturing: A review and fu-

- ture perspective based on research databases. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 40(2), 19-32.
- Leydesdorff, L. (1995). A laboratory for knowledge based economic development. *Journal of Sustainable Development*, 14(1), 14-19.
- Maldonado-Guzmán, G. (2019). *La industria automotriz en México: Un análisis de su sustentabilidad*. Aguascalientes: Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Nidumolu, R., Prahalad, C.K. & Rangaswami, M.R. (2009). Why sustainability is now the key driver of innovation. *Advantage Sustainability WFC*, 87(9), 56-64.
- Pang, R. & Zhang, X. (2019). Achieving environmental sustainability in manufacturing: A 20-year bibliometric cartography of green manufacturing research. *Journal of Cleaner Production*, 233(1), 84-99.
- Paterson, D.A.P., Ijomah, W.L. & Windmill, J.F.C. (2017). Endo-of-life decision tool with emphasis on remanufacturing. *Journal of Cleaner Production*, 148(5), 653-664.
- Paul, I.D., Bhole, G.P. & Chaudhari, J.R. (2014). A review of green manufacturing: It's important, methodology and its application. *Procedia Material Science*, 6(6), 1644-1649.
- Prakash, C. (2015). Barriers analysis for reverse logistics implementation in Indian electronics using fuzzy analytic hierarchy process. *International Journal of Production Economics*, 89(2), 91-102.
- Shrivastava, S. & Shrivastava, R.L. (2017). A systematic literature review on green manufacturing concepts in cement industries. *International Journal of Quality, Reliability and Management*, 34(1), 68-90.
- Spinoglio, M. (2015). *The Triple Helix Model: Role of Different Entities*. Roma: WCA.
- Sundin, E. (2004). Product and process design for successful remanufacturing. *Remanufacturing Management*, 60(6), 1-12.
- The Nielsen Company (2015). *Global Sustainability Report 2015*. New York: Nielsen Company.
- Vasudevan, H., Kalamkar, V. & Tekar, R. (2012). Remanufacturing for sustainable development: Key challenges, elements, and benefits. *International Journal of Innovation Management and Technology*, 3(1), 84-89.