

Nivel de desempeño en manufactura esbelta, manufactura sustentable y mejora continua en plantas de manufactura medianas y grandes de México: un análisis comparativo

Carlos Monge*

Resumen

40 plantas de manufactura medianas (12) y grandes (28) de Apodaca, México, fueron encuestadas para investigar el nivel de implantación de la manufactura esbelta, la manufactura sustentable, la mejora continua y su impacto en la eficiencia operacional y responsabilidad ambiental en ellas. En las dos categorías de plantas se encontró que el desempeño es bajo. En ambos casos es preocupante que en el municipio altamente industrializado de Apodaca, México, no se estén adoptando de manera decisiva las filosofías mencionadas. Finalmente se muestran los resultados estadísticos obtenidos en las respuestas de los gerentes de planta a los ítems del cuestionario. Esta información puede ser útil a la administración de las plantas para identificar y definir acciones específicas de mejora.

Abstract

40 medium (12) and large (28) manufacturing plants of Apodaca, Mexico were surveyed to investigate the level of implementation of lean manufacturing, sustainable manufacturing, continuous improvement and its impact on the operational efficiency and environmental responsibility in them. The performance on the two types of plants is low. In both cases it is worrying that in the highly industrialized municipality of Apodaca, Mexico are not decisively adopting the philosophies mentioned. Finally this article shows the results of the responses of the plants managers to the questionnaire items. This information can be useful to the management of the plants to identify and to define specific improvement actions towards priority areas.

Palabras clave: manufactura esbelta, manufactura sustentable, mejora continua, eficiencia operacional.

Keywords: lean manufacturing, sustainable manufacturing, continuous improvement, operational effectiveness, environmental responsibility.

* Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

Introducción

Los beneficios de la manufactura esbelta conocida en inglés como *lean manufacturing* son evidentes en todo el mundo, afirman Ferdousi et al. (2009); de esta manera países avanzados y en vías de desarrollo están poniendo en práctica esta filosofía con el fin de lograr mejoras importantes en la eficiencia operacional y ventajas competitivas en un mundo global. Por su parte, Cooper et al. (2008) y Monge et al. (2013) mencionan que *lean* tiene efectos sobresalientes en la eficiencia operacional (mejora de calidad, disminución de costos, disminución de tiempos de entrega, entregas a tiempo, reducción de tiempos de ciclo y mejor servicio al cliente), aunque no se vean sus efectos financieros en el corto plazo.

El concepto de manufactura esbelta o *lean manufacturing* o *lean* como se le nombra en inglés, fue introducida en 1990 en el mundo occidental con la publicación del libro *La máquina que cambió al mundo* del doctor James P. Womack, basado en el estudio de cinco años en Toyota realizado por el MIT dentro de su Programa Internacional de Vehículos de Motor (IMVP, por sus siglas en inglés). El libro mostraba cómo la administración, los operarios y los proveedores podían trabajar conjuntamente para mejorar la calidad, la productividad y reducir los costos. La manufactura esbelta puede ayudar a obtener mejoras en: *lead times* de una semana, entregas a tiempo de 90%, reducción de inventarios en 80%, incremento de la capacidad entre 36 y 48% (Cooper et al., 2008), consiguiendo mejorar sustancialmente la eficiencia operacional a través de: mejoras de la calidad y de las entregas a tiempo, reducción de costos, velocidad de entrega, tiempos de ciclo, incremento de la productividad por empleado y mejora de la capacidad de la planta sin incremento de personal, impactando positivamente los resultados financieros (Cooper et al., 2008).

Resultados similares pueden obtenerse en otros contextos demandantes en conocimiento, como el sector del cuidado de la salud con la aplicación de la cultura esbelta (Toussaint et al., 2013); el enfoque esbelto (*lean*) requiere nuevos hábitos y nuevas habilidades; el concepto esbelto no es un destino sino un viaje, que implica una búsqueda insaciable de la mejora, por lo cual la filosofía esbelta y la manufactura esbelta están estrechamente ligadas con la mejora continua, y ambas con la mejora del desempeño operacional (Toussaint

et al., 2013; Murugesan et al., 2012; Vinohd et al., 2012; Koenigsaecker, 2009; Cooper et al., 2008). Por su parte, Murugesan et al. (2012) y Vinohd et al. (2012) indican que el logro de una mayor eficiencia operacional lograda a través de la manufactura esbelta tiene una influencia significativa, positiva y directa en el logro de ventajas competitivas del negocio, como son: calidad a la primera intención, reducción de tiempos de entrega e incremento de la productividad (Ghosh, 2013; Monge et al., 2013).

En relación a cona *manufactura sustentable* (Jiang et al., 2012; Millar et al., 2011) y estudios recientes de MIT y BCG (2013, 2011, 2009), Monge et al. (2013) y Bergmiller et al. (2011), así como los de Millar et al. (2011), Murugesan et al. (2012), Wills (2009a, 2009b) y EPA (2000) muestran que la manufactura sustentable puede ayudar a las organizaciones a lograr mejor desempeño operacional y mejora en el desempeño ambiental de manera simultánea, apoyando los esfuerzos de sustentabilidad de las plantas e impactando directa y positivamente los: resultados financieros, impacto de la huella de carbono, cultura de sustentabilidad de la organización y satisfacción de los empleados.

El tema es muy importante si se considera que la manufactura a nivel global consume grandes cantidades de recursos y genera enormes cantidades de desperdicios; baste decir que la manufactura a nivel mundial consume un tercio de la energía mundial y genera 36% del total del CO₂ (Millar et al., 2011), el principal gas de efecto de invernadero (GEI). En México Irastorza et al. (2010) indican que la industria generadora de energía contribuye con 21% y la manufactura en 8% a la emisión del mencionado gas; sin embargo, es la industria quien más energía consume, contabilizando 60%, mientras que sólo 30% de las empresas en México cuentan con un sistema de medición energética, lo que manifiesta la escasa conciencia ambiental de las empresas (Rodríguez, 2011); es por lo tanto fundamental que las plantas de manufactura adopten prácticas sustentables (Bergmiller et al., 2011) o manufactura sustentable.

En este sentido hay evidencias de que la sustentabilidad y la manufactura sustentable están cobrando creciente relevancia a nivel mundial, como lo revelan los estudios de: Schneider Study (2011) y los del MIT y BCG (2013, 2011, 2009), que manifiestan tendencias en los últimos años hacia un cambio en la actitud de los altos ejecutivos de las organizaciones, de considerar que el tema de la sustentabilidad y su adopción son importantes sólo si traen beneficios

económicos de corto plazo, a considerar la sustentabilidad un importante factor de diferenciación (Millar et al., 2011) para el logro de ventajas competitivas y estratégicas por la vía de la innovación de productos y procesos, que permiten acceder a nuevos mercados, conseguir una mejora de la imagen de la organización ante la sociedad, reputación de la marca e incremento del valor para los accionistas. En el caso de México, un estudio parecido fue conducido por la compañía consultora KPMG (2009) y los resultados obtenidos son similares a los estudios realizados por el MIT y BCG ya citados.

En relación con la *mejora continua*, Murugesan et al. (2012), Koenigsaecker (2009) e Imai (1986) refieren que la mejora continua (kaizen), otro de los aspectos abordados en el presente estudio, es un ingrediente fundamental para la ventaja competitiva, sobrevivencia y crecimiento de las organizaciones; sin embargo, la literatura revela que la manufactura esbelta y la mejora continua no han sido bien comprendidas en Occidente, y como consecuencia se considera que su implantación consiste únicamente en aplicar herramientas/técnicas esbeltas de manera aislada, y no como un proceso de mejora continua, generándose de esta manera “silos” esbeltos y no una implantación integral que traería grandes beneficios y ventajas competitivas; de acuerdo con Bergmiller et al. (2011) y Liker et al. (2011) esto se debe fundamentalmente a la carencia de compromiso y liderazgo de la alta administración, así como la adecuada capacitación en las plantas occidentales.

En el contexto de la manufactura y en particular en las plantas de México, la adopción de la mejora continua, la manufactura esbelta y sustentable no se está dando de manera decidida, tal como lo muestra el presente artículo, basado fuertemente en una investigación previa realizada por Monge et al. (2013); estas iniciativas no se reflejan en acciones de mejora continua, según lo revela un estudio realizado por Reyes-Aguilar (2002) y que se traduce en la escasa participación de las plantas mexicanas en estos enfoques ya sea de manera grupal o individual a través de las propuestas individuales de mejora (PIM); debe decirse que se realizan esfuerzos de manera aislada y no de forma sistemática.

Ahora bien, aunque se mencionan con frecuencia en la literatura los efectos positivos que la manufactura esbelta, sustentable y la mejora continua tienen en el desempeño operacional, responsabilidad ambiental y resultados financieros, en este sentido existen en México pocos estudios empíricos em-

pleando estadística descriptiva o análisis multivariado que muestre el grado de adopción de las filosofías mencionadas en las plantas mexicanas; entre los estudios analizados se encuentran los de: Monge et al. (2013), Reyes-Aguilar (2002) para el caso mexicano; en el contexto del Caribe el realizado por Millar et al. (2011) y en India el de Ferdoussi et al. (2009), Murugesan et al. (2012). Finalmente los resultados estadísticos obtenidos en el presente estudio pueden ser empleados como guías por las plantas de manufactura de Apodaca, México para orientar acciones de mejora en la eficiencia operacional y la responsabilidad medioambiental de manera combinada, con el fin de impactar la triple línea final, es decir utilidades-sociedad-medio ambiente (Slaper, 2011).

Revisión de la literatura

Para la realización del presente artículo se efectuó una revisión de la literatura existente relacionada con el tema de estudio con el fin de conocer las aportaciones que se han hecho acerca del mismo; los elementos teóricos encontrados proceden de diversas fuentes bibliográficas reconocidas, como: revistas indexadas, libros y bases de datos digitales; entre ellas: *Scielo México*, *Scielo Chile*, *Información Tecnológica Chile*, bases de datos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Academic One file, EBSCO Host Academic Search Complete, EBSCO Business Source Complete, EBSCO Econlit with full text, *Springer* y *Elsevier*.

Manufactura esbelta

Monge et al. (2013), en un estudio realizado en 40 plantas de manufactura discreta medianas y grandes de Apodaca, México, mostraron empleando ecuaciones estructurales a través de mínimos cuadrados parciales PLS SEM y una escala reflexiva por sus siglas en inglés que la manufactura esbelta (EME), la manufactura sustentable (EMS) y la mejora continua (IEORA) tienen un efecto positivo, directo y estadísticamente significativo en la eficiencia operacional de las plantas y responsabilidad de las plantas (IEORA), y dicha eficiencia operacional incide positiva y directamente en los resultados financieros (RF), impacto de la huella de carbono (IHC), satisfacción de empleados (SE) y creación de cultura de sustentabilidad de las organizaciones (CSO). El

estudio referido fue validado completamente en la parte de medición y el componente estructural, cumpliendo los criterios de calidad de Hair et al. (2011) así como la obtención de un valor sustancial de la F de Fisher obtenida mediante un estudio complementario empleando regresión múltiple y utilizando las variables manufactura esbelta (EME), manufactura sustentable (EMS) y mejora continua (EMC) como variables independientes, y la eficiencia operacional y responsabilidad ambiental (IEORA) como variable dependiente (Monge, 2014).

El estudio anterior sin embargo no mostró el desempeño de las plantas de Apodaca, México en los diferentes aspectos que constituyen la manufactura esbelta, manufactura sustentable y la mejora continua, así como tampoco indicó qué categoría de plantas medianas o grandes se desempeñan mejor.

Murugesan et al. (2012) presentan un estudio que contempla un modelo de regresión múltiple para correlacionar dos variables independientes, la manufactura de clase mundial (WCM, por sus siglas en inglés) y las iniciativas esbeltas (*lean*) o manufactura esbelta con la variable dependiente ventaja competitiva o desempeño operacional; todas estas variables son multidimensionales, los datos empíricos fueron obtenidos de 125 plantas de manufactura del sur de la India y el resultado mostró que tanto la manufactura de clase mundial como la manufactura esbelta están estrechamente ligadas con el desempeño operacional y la ventaja competitiva. Es importante mencionar que Upadhye et al, (2010) consideran que la manufactura de clase mundial (WCM) y la manufactura esbelta son lo mismo.

Lee (2012), en un estudio realizado con 970 compañías de manufactura en 18 países, aplicó modelación con ecuaciones estructurales para probar empíricamente la relación entre la manufactura esbelta y la administración total de la calidad (TQM, por sus siglas en inglés) en el desempeño operacional (eficiencia operacional); los resultados revelaron que los dos aspectos tienen un impacto positivo, directo y estadísticamente significativo en el desempeño operacional medido a través de las dimensiones: calidad, costo velocidad y flexibilidad; en algunos otros estudios estas dimensiones son expandidas para incluir algunas otras mediciones (Murugesan et al., 2012).

Ferdousi et al. (2009), en un estudio realizado en ocho firmas de la industria de las prendas de vestir de Bangladesh, mostró utilizando un cuestionario semiestructurado que estas compañías estaban obteniendo importantes

beneficios adoptando las técnicas de la manufactura esbelta; no obstante, el estudio también consigna que el grado de adopción de las prácticas de la manufactura esbelta no es alto en estas firmas. Amin et al. (2013) desarrollaron un modelo matemático de optimización con el fin de ayudar a las plantas de manufactura a seleccionar las estrategias esbeltas (*lean*) adecuadas para eliminar o reducir los desperdicios, dadas las restricciones de los recursos de planta y de esta manera mejorar el desempeño operacional; en dicho modelo se evalúa cuantitativamente el valor percibido de las estrategias *lean* en la reducción de los desperdicios “muda” a través de un solución óptima construida con Matlab; los resultados muestran que el valor percibido de la reducción de “muda” puede cambiar significativamente de acuerdo con las políticas y estrategias de producto consideradas por el fabricante.

Por su parte, Austin et al. (2013) refieren que dadas la necesidades cambiantes del cliente y los requerimientos tecnológicos actuales, las organizaciones se ven forzadas a implantar iniciativas *lean* en sus procesos de producción con el fin de conseguir mejorar el desempeño operacional (eficiencia operacional) y lograr ventajas competitivas; el estudio presenta en el contexto automotriz cuna del concepto esbelto, un modelo desarrollado empleando la técnica de análisis jerárquico de procesos (AHP, por sus siglas en inglés); en su implantación se aplicó un cuestionario a 15 compañías automotrices de la India; el modelo relaciona las prácticas y técnicas esbeltas con los objetivos competitivos e identifica cuáles de las diferentes herramientas esbeltas tienen mayor impacto en el logro de un desempeño esbelto.

Ghosh (2013), en su estudio muestra la situación actual en la implantación de prácticas esbeltas en plantas de manufactura de la India y su impacto en el desempeño operacional; el estudio se realizó aplicando un cuestionario a 79 plantas en las diferentes regiones de India, y dado que la manufactura esbelta es un constructo multidimensional se encontró que 80% de las plantas han implantado varias dimensiones de la manufactura esbelta, como son: enfocarse en las necesidades del cliente, sistemas de producción jalada, reducción de tiempo de intercambio de moldes (SMED), mantenimiento productivo total (TPM), relación con proveedores, control estadístico de procesos y solución incluyente de problemas. Se encontró asimismo que se ha incrementado la productividad, la calidad a la primera intención, reducido el tiempo de entrega y los inventarios así como el espacio ocupado; a manera de síntesis,

los encuestados afirmaron que la calidad a la primera intención, reducción del tiempo de entrega y el incremento de la productividad son los tres principales impulsores de la adopción de la manufactura esbelta en aquel contexto.

En el contexto latinoamericano se han realizado algunos estudios en relación con la adopción de la manufactura esbelta. Cardozo et al. (2011) analizaron el proceso productivo de 45 empresas pequeñas y medianas productoras de queso en Venezuela, para determinar la adopción de las dimensiones de la manufactura esbelta, en particular de las 5S y la adopción de prácticas sustentables (manufactura sustentable) en estas organizaciones; los resultados muestran que las empresas tienen limitaciones en la adopción de ambos enfoques, limitando su competitividad. Arrieta et al. (2012) también muestran en su estudio una difusión muy baja de las iniciativas esbeltas en el sector de la confección en las empresas no extranjeras en Colombia; el caso de México no es muy diferente, de acuerdo con el estudio de Reyes-Aguilar (2002).

Vinodh et al. (2012), Monge et al. (2013) y Monge (2014) describen que con frecuencia se considera que la manufactura esbelta mejora la competitividad de los negocios; sin embargo, existe poca evidencia en la literatura de estudios empíricos que validen el impacto positivo en el desempeño organizacional, y que muestren el nivel de adopción en las plantas de las herramientas y técnicas de la manufactura esbelta. Es con este propósito que en el presente artículo se emplearon las respuestas al cuestionario utilizado en el estudio de Monge et al. (2013) para realizar un análisis descriptivo y explicativo del nivel de adopción de las prácticas esbeltas en las plantas de manufactura de Apodaca, México, que permita orientar las acciones de mejora de las plantas.

Manufactura sustentable

La manufactura sustentable (Jiang et al., 2012; Millar et al., 2011) basada en principios de sustentabilidad y desarrollo sustentable, a diferencia de la manufactura esbelta que busca en un proceso de mejora continua reducir o eliminar desperdicios o “mudas”, persigue eliminar los desperdicios ambientales en los procesos productivos que, de acuerdo con Wills (2009a, 2009b), son: energía (particularmente la eléctrica), agua, emisiones al aire, emisiones al agua, uso irracional de materiales, residuos sólidos y/o peligrosos, transportación y daño a la biodiversidad, mejorando así el desempeño operacional

y ventajas competitivas. Bergmiller et al. (2011) en otro estudio refieren que las plantas de manufactura exitosas en la aplicación de la manufactura esbelta deberían también ser exitosas al implantar principios sustentables y manufactura sustentable; su estudio, realizado en plantas de manufactura finalistas del premio Shingo, que es un reconocimiento a la excelencia en la manufactura en plantas de Canadá, Estados Unidos y México, explora la sinergia existente entre la manufactura esbelta y la sustentabilidad, de esta forma se establece la relación entre la manufactura esbelta y la sustentable. Cardozo et al. (2011) en un estudio reciente en el contexto latinoamericano realizado en 45 plantas pyme productoras de queso de Venezuela para determinar la adopción de prácticas esbeltas y sustentables, refieren que la manufactura esbelta y la manufactura sustentable están vinculadas, y que la falta de adopción de éstas provoca una pérdida de la posición competitiva.

En el contexto de la zona del Caribe, Millar et al. (2011) desarrollaron un estudio descriptivo para determinar el nivel de adopción de la manufactura sustentable en los países de esa región, encontrando que las plantas del Caribe poseen un escaso conocimiento de la manufactura sustentable y la implantación de estas iniciativas es escasa. En México la situación es similar en la adopción de la manufactura sustentable por parte de las empresas; esto puede deberse a la poca cultura de sustentabilidad en la industria de la manufactura, que no les permite ver que el compromiso medioambiental apoya el logro de beneficios económicos (Kidwell, 2006) y simultáneamente mejora la huella ecológica (Slaper, 2011); asimismo, no son capaces de identificar en la combinación de la manufactura esbelta, sustentable y mejora continua la oportunidad de conseguir ventajas competitivas y estratégicas, crear cultura de sustentabilidad y mejorar la calidad, costos, tiempos de entrega, imagen en la comunidad, generar mayor valor para los accionistas y satisfacción de los empleados (MIT y BCG, 2013, 2011, 2009; KPMG, 2009).

Mejora continua

La mejora continua (Imai, 1986), aplicada a la manufactura, es en esencia una filosofía que involucra de manera individual y a través de propuestas individuales de mejora (PIM) o grupal a través de proyectos de mejora (PM), círculos de calidad, grupos pequeños o proyectos seis-sigma, a todo el perso-

nal de una organización, desde la alta administración hasta los empleados de línea en la búsqueda interminable de niveles superiores en materia de: calidad, costos, tiempos de entrega, flexibilidad, seguridad y moral de los empleados (Koenigsaecker, 2009); la característica primordial es que los esfuerzos de mejora pueden ser pequeños (*kaiizen*), dramáticos (innovación) o la combinación de ambos, siempre y cuando dichos esfuerzos sean continuos (Imai, 1986), y es determinante para el éxito de la mejora continua la activa, motivada y copiosa participación de los empleados. En cuanto a la mejora continua, los estudios citados en las secciones de manufactura esbelta y manufactura sustentables refieren la realización de acciones de mejora continua (Austin et al., 2013; Ghosh, 2013; Jiang et al., 2012; Lee et al., 2012; Murugesan et al., 2012; Cardozo et al., 2011; Wills, 2009a; EPA, 2000); esto es consistente ya que tanto las iniciativas de manufactura esbelta y sustentable son enfoques de aplicación continua y no puntuales (Bergmiller et al., 2011), condición fundamental para el éxito de ambas iniciativas. Por otra parte, ya fue comentado en las secciones anteriores el impacto de las iniciativas esbeltas y sustentables en el desempeño operacional u eficiencia operacional; de hecho la manufactura esbelta y la sustentable con frecuencia son consideradas filosofías de mejora continua (Murugesan et al., 2013; Toussaint et al., 2013; Bergmiller et al., 2011; Cardozo et al., 2011).

En este proceso se identificaron también las brechas de conocimiento de los elementos teóricos estudiados, y se encontró que existen pocos estudios recientes, particularmente en México, que muestren el grado de adopción de las técnicas y herramientas que constituyen la manufactura esbelta, la manufactura sustentable y la mejora continua, así como el nivel de impacto que este grado de adopción tiene en la eficiencia operacional y responsabilidad ambiental de las plantas de manufactura en México.

Metodología

En el presente artículo se presenta un estudio descriptivo y explicativo del grado de adopción de las prácticas de la manufactura esbelta, la manufactura sustentable y la mejora continua, así como el impacto en la eficiencia operacional y responsabilidad ambiental en las plantas de manufactura medianas (12) y grandes (28) de Apodaca, México. Para este estudio se utilizaron las

respuestas de los gerentes de planta y/o gerente de operaciones, una muestra de 40 plantas de manufactura medianas y grandes de Apodaca, México; las respuestas fueron obtenidas a través de un cuestionario estructurado con 38 ítems que se presentan en los cuadros 1, 2, 3 y 4 del presente artículo; el cuestionario fue aplicado de manera directa o por correo electrónico; la validez y confiabilidad de dicho cuestionario así como la representatividad estadística de la muestra de 40 plantas se determinaron en el estudio de Monge et al. (2013), que empleó dicha muestra; y las respuestas al cuestionario ya referido y utilizando para la modelación estadística la técnica de ecuaciones estructurales, mediante mínimos cuadrados parciales (PLS SEM, por sus siglas en inglés); la estructura de la modelación tanto para el modelo de medición como el modelo estructural se presentan en las figuras 1 y 2.

Dado que el cuestionario incluyó ítems que solicitaban respuestas categóricas, en porcentaje, escala Likert o datos duros, se presentarán en la sección de resultados los porcentajes promedios de las respuestas a los diferentes ítems para cada categoría de planta, es decir medianas y grandes. En el caso de los ítems en escala Likert, se consideró el porcentaje promedio de las plantas de cada categoría que respondieron 4 ó 5 en la escala, indicando un grado de adopción o implantación de la técnica o herramienta superior o igual a sobresaliente, esto es, en virtud de que la intención del presente estudio es mostrar si las plantas de manufactura de Apodaca, México están adoptando las técnicas de la manufactura esbelta, la manufactura sustentable y la mejora continua de una manera importante, decidida, consistente y comprometida.

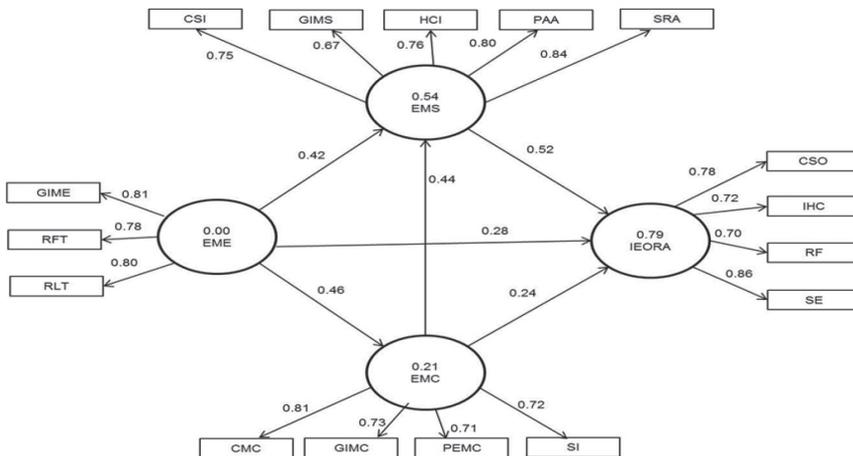
Resultados

Modelo de medición o modelo externo

Para la estimación de los resultados del modelo de medición se empleó el paquete estadístico SmartPLS 2.0 (Ringle et al., 2005), con 40 casos de plantas medianas y grandes de Apodaca, México y utilizando el algoritmo PLS. Los valores en las flechas externas constituyen cargas estandarizadas, y éstas, de acuerdo con los criterios de Hair et al. (2011), deben ser mayores o iguales a 0.70; en el caso del modelo estudiado prácticamente todos los valores se encuentran en el valor de umbral o superior, validando el modelo de medición y

la escala. Para un análisis más completo de los resultados del modelo de medición se invita al lector a ver el estudio de Monge et al. (2013). Por lo que se refiere a los valores en las flechas internas, éstos corresponden a *betas* estandarizadas indicando el nivel de impacto de cada variable latente o constructo en el constructo endógeno: índice de eficiencia operacional y responsabilidad ambiental (IEORA); puede observarse que el mayor impacto lo tiene la variable “efectividad de la manufactura sustentable” (EMS) con 0.52, seguido por la “efectividad de la manufactura esbelta” con 0.28 y, con el menor impacto, la “efectividad de la mejora continua” (EMC).

Figura 1
Resultados del modelo de medición



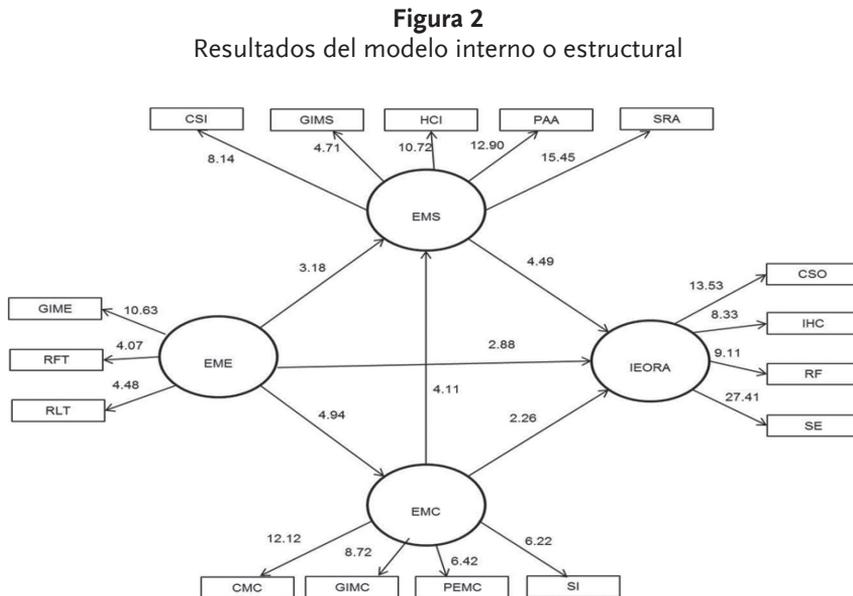
Fuente: Monge et al. (2013).

Por lo que corresponde a los valores encerrados en círculos, éstos representan valores de R^2 indicando el poder explicativo de la EME, la EMS y la EMC; pueden observarse valores explicativos medios para la EMS con 0.54 y bajo para la EMC con 0.21, indicando que la manufactura sustentable tiene un mayor impacto en el IEORA que la mejora continua, lo que confirma lo expresado por Liker et al. (2011), quienes afirman que en los países occidentales la manufactura esbelta y la mejora continua no se adoptan por falta de liderazgo

y compromiso de la administración, así como por la carencia de capacitación, lo que queda establecido en el análisis estadístico explicativo que se presenta en las siguientes secciones; por lo que respecta a la EME, tiene un valor de 0.00 y el IEORA un valor de 0.79, indicando un impacto significativo de las variables latentes EME, EMS y EMC de manera interrelacionada en el IEORA.

Modelo estructural o modelo interno

Para la estimación de los resultados del modelo estructural se empleó el paquete estadístico SmartPLS 2.0 (Ringle et al., 2005), con 40 casos de plantas medianas y grandes de Apodaca, México, y utilizando el algoritmo *bootstrapping*; los resultados obtenidos se muestran en la figura 2.



Fuente: Monge et al. (2013).

Las cantidades en las flechas tanto del modelo de medición (externo) como del modelo estructural (interno) representan los valores de la prueba *t-student* de las variables e indicadores, lo que indica el nivel de significancia o error

∞ para niveles de confianza de 95 o 99%, así como obtener conclusiones e implicaciones acerca del modelo. Para un análisis más detallado del modelo analizado en este artículo se refiere al autor al trabajo de Monge et al. (2013). Es importante recordar que la modelación con ecuaciones estructurales mediante el uso de mínimos cuadrados parciales (PLS-SEM) no asume que los datos de los casos están normalmente distribuidos, y por lo tanto PLS aplica el procedimiento *bootstrapping* no paramétrico, lo que significa que realiza repetidos muestreos aleatorios con reemplazo de la muestra original para crear una muestra *bootstrap* y con ella obtener errores estándares para pruebas de hipótesis; el proceso asume que la distribución de las muestras es una representación razonable de la distribución de la población. La muestra *bootstrap* permite que los coeficientes estimados mediante el algoritmo PLS-SEM sean probados para obtener su nivel de significancia (Hair et al., 2011; Henseler et al., 2009); puede observarse en todos los valores que éstos superan el umbral de significancia de 1.96, o sea 95%, lo que confirma la validez del modelo estructural, las relaciones entre variables latentes y su capacidad predictiva en el IEORA. En el presente estudio se han presentado los modelos de medición y estructurales del modelo considerado para mostrar la validez, consistencia y significancia estadística del modelo.

Los resultados estadísticos descriptivos de las respuestas de los encuestados en las plantas, objetivo del presente artículo, se presentan en las secciones siguientes.

Aspectos relacionados con la manufactura esbelta

En el cuadro 1 se pueden observar los niveles de adopción de los diferentes elementos que constituyen la manufactura esbelta, tanto para el caso de las plantas grandes (28) como para plantas medianas (12).

Cuadro 1
Preguntas relacionadas con la manufactura esbelta

Núm.	Ítems del cuestionario	Plantas medianas (12)	Plantas grandes (28)
1	Mapeo de procesos (% procesos mapeados)	31.7	37.6
2	5S (% implantado)	70.8	74.0
3	Admon. visual y controles visuales (% implantado)	45.4	62.4
4	Intercambio rápido de moldes (% avance)	17.9	31.6
5	Calidad a la primera y dispositivos a prueba de errores (% implantado)	35.8	42.1
6	Conteos cíclicos (% implantado)	37.8	55.0
7	Multihabilidades de operarios (% avance)	47.9	55.0
8	Detección automática de defectos (% avance)	17.5	29.8
9	Producción nivelada y mezclada (% avance)	24.2	33.2
10	Kaizen-mejora continua (% implantado)	47.9	58.6
11	Reducción de tiempo de flujo (% avance)	9.7	13.3
12	Reducción de tiempo de entrega (% avance)	11.9	13.7

Fuente: adaptado de Monge et al., 2013.

Se puede observar en el cuadro 1 que las empresas grandes en general tienen un mejor desempeño en relación con las plantas medianas en los diferentes elementos de la manufactura esbelta analizados; sin embargo, es importante indicar que ambas categorías de plantas tienen un nivel de adopción relativamente bajo para el caso de las plantas de manufactura de Apodaca, México. Resulta interesante al ver los resultados de las plantas de manufactura medianas de Apodaca; esto puede deberse a lo que Liker et al. (2011) han consignado, y es el hecho de que las empresas occidentales no tienen éxito en la implantación de la manufactura esbelta debido a la falta de compromiso y liderazgo de la alta administración, así como a una deficiente capacitación. Lo anterior en esencia provoca que sólo se implanten herramientas esbeltas de manera aislada, creando “silos” esbeltos y no una consistente y robusta implantación de la filosofía esbelta (Liker et al., 2011; Spear y Bowen, 2000).

Aspectos relacionados con la manufactura sustentable

Cuadro 2
Preguntas relacionadas con la manufactura sustentable

Núm.	Ítems del cuestionario	Plantas medianas (12)	Plantas grandes (28)
13	Existe un equipo de alto nivel para dirigir las iniciativas sustentables (% que dijeron Sí)	66.6	67.8
14	Años desarrollando iniciativas sustentables (años promedio de las plantas)	1.8	2.6
15	Las iniciativas sustentables han permitido mejorar la productividad (% de plantas con 4 ó 5 en escala Likert, 5 – totalmente)	50.0	39.2
16	Reducción de transportación (% implantado)	2.6	5.1
17	Aplicación de mapeo ambiental (% implantado)	25.0	2.1
18	Existen métricos para evaluar el desempeño sustentable (% de plantas con 4 ó 5 en escala Likert, 5 – totalmente)	16.6	39.2
20	Desarrollan productos medioambientalmente innovadores (% de plantas con 4 ó 5 en escala Likert, 5 – totalmente)	8.3	21.4
21	Las iniciativas sustentables superan las regulaciones de gobierno (% de plantas con 4 ó 5 en escala Likert, 5 – totalmente)	33.3	25.0

Fuente: adaptado de Monge et al., 2013.

En el cuadro 2 puede verse que no hay una clara ventaja de las plantas grandes en relación con las plantas medianas en materia de manufactura sustentable, y que ambas categorías exhiben un desempeño bajo, esto puede deberse a la poca cultura de sustentabilidad en la industria de la manufactura en México, que no les permite ver que el compromiso medioambiental apoya el logro de beneficios económicos (Kidwell, 2006) y simultáneamente mejora la huella ecológica (Slaper, 2011); asimismo, no son capaces de identificar en la combinación de la manufactura esbelta, sustentable y mejora continua la oportunidad de conseguir ventajas competitivas y estratégicas, crear cultura de sustentabilidad y mejorar la calidad, costos, tiempos de entrega, imagen en la comunidad, generar mayor valor para los accionistas y satisfacción de los empleados (MIT y BCG, 2013, 2011, 2009; KPMG, 2009).

Aspectos relacionados con la mejora continua

Cuadro 3
Preguntas relacionadas con la mejora continua

Núm.	Ítems del cuestionario	Plantas medianas (12)	Plantas grandes (28)
22	Compromiso de la administración con la mejora continua (% de plantas con 4 ó 5 en escala Likert, 5 – totalmente)	75.0	71.4
23	Cuenta con un sistema de evaluación y seguimiento de proyectos de mejora y/o sugerencias (% de plantas con 4 ó 5 en escala Likert, 5 – totalmente)	58.3	78.5
24	Los proyectos de mejora se orientan a la seguridad de los empleados (% de plantas con 4 ó 5 en escala Likert, 5 – totalmente)	83.3	53.5
25	Personal total entrenado en mejora continua (% entrenado)	51.3	63.3
26	Personal que participa en proyectos de mejora (% de participación)	40.2	57.9
27	Sugerencias implantadas del total sugerido (% implantado)	44.2	40.8

Fuente: adaptado de Monge et al., 2013.

Resulta claro del cuadro 3, que no existe una marcada diferencia en el desempeño en materia de mejora continua entre las plantas grandes y medianas, para el caso de Apodaca, México. Sin embargo, nuevamente al igual que en la manufactura esbelta y la manufactura sustentable, el nivel de desempeño o adopción de las prácticas de mejora continua es bajo; la mejora continua no está presente de manera consistente y sistemática en las plantas medianas y grandes estudiadas, de acuerdo con los resultados mostrados en el cuadro 3. En este sentido es importante mencionar que al no contar con enfoques de mejora continua sistemáticos, que funcionen de manera consistente e integrada, con la activa participación de los empleados y el compromiso y liderazgo de la alta administración (Liker et al., 2011), se impide que se consoliden en primera instancia los aspectos de la manufactura esbelta y la manufactura sustentable, y que las empresas tampoco se vean beneficiadas con la aportación continua y copiosa de propuestas individuales de mejora

(sugerencias) de los trabajadores, una amplia participación del personal en proyectos de mejora continua, una elevada implantación de las sugerencias proporcionadas por los empleados, y una amplia dedicación del tiempo cotidiano de trabajo de la administración de las plantas a la observación directa en los pisos de producción; éstas son, de acuerdo con Koenigsaecker (2009), condiciones fundamentales para el éxito de un excelente sistema de mejora continua; en este sentido y en los aspectos referidos los resultados muestran números lejanos a un desempeño sobresaliente de las plantas.

Aspectos relacionados con la eficiencia operacional y responsabilidad ambiental

En el cuadro 4 no se muestran ítems relacionados con técnicas y/o herramientas, sino que se presentan las respuestas a los ítems, indicando los logros obtenidos en las plantas de manufactura de Apodaca, México, como resultado de la adopción de los elementos que constituyen la manufactura esbelta, la manufactura sustentable y la mejora continua.

Resulta evidente que los logros son bajos en ambas categorías, mostrando el efecto de la no adopción de las prácticas citadas en los cuadros 1, 2 y 3; esto es en cierto modo normal dados el poco compromiso y liderazgo de la administración de las plantas de manufactura grandes y medianas hacia la manufactura esbelta, la manufactura sustentable y la mejora continua, lo que confirma lo establecido por Liker et al. (2011), Koegnisaeker (2009) e Imai (1986).

Cuadro 4

Elementos ligados con la eficiencia operacional y responsabilidad ambiental

Núm.	Ítems del cuestionario	Plantas medianas (12)	Plantas grandes (28)
28	El mejoramiento del medio ambiente es un motivador para adoptar iniciativas sustentables (% de plantas con 4 ó 5 en escala Likert, 5 – totalmente)	41.6	35.7
29	La mejora de la imagen pública es un motivador para adoptar iniciativas sustentables (% de plantas con 4 ó 5 en escala Likert, 5 – totalmente)	33.3	50.0

<i>Núm.</i>	<i>Ítems del cuestionario</i>	<i>Plantas medianas (12)</i>	<i>Plantas grandes (28)</i>
30	Seguir una directriz corporativa es un motivador para adoptar iniciativas sustentables (% de plantas con 4 ó 5 en escala Likert, 5 – totalmente)	75.0	50.0
31	Cumplir con la responsabilidad moral fue un motivador para adoptar iniciativas sustentables (% de plantas con 4 ó 5 en escala Likert, 5 – totalmente)	33.3	39.2
32	Lograr ventajas competitivas y estratégicas fue un motivador para adoptar iniciativas sustentables (% de plantas con 4 ó 5 en escala Likert, 5 – totalmente)	58.3	42.8
33	Los indicadores en materia de sustentabilidad y desempeño operacional están relacionados (% de plantas con 4 ó 5 en escala Likert, 5 – totalmente)	25.0	42.8
34	Nivel de mejora en la reducción de CO2 (% de reducción)	2.3	5.4
35	La planta ayuda al cuidado del medio ambiente (% de plantas con 4 ó 5 en escala Likert, 5 – totalmente)	25.0	28.5
36	Beneficio económico obtenido por la aplicación de iniciativas sustentables (% de plantas con 4 ó 5 en escala Likert, 5 – totalmente)	8.3	0.0
37	La planta realiza proyectos sustentables para el mejoramiento de la seguridad de los empleados (% de plantas con 4 ó 5 en escala Likert, 5 – totalmente)	33.3	28.5
38	La ejecución de iniciativas sustentables de la planta le satisfacen e influyen su deseo de permanecer laborando en ella (% de plantas con 4 ó 5 en escala Likert, 5 – totalmente)	16.6	32.1

Fuente: adaptado de Monge et al., 2013.

Discusión

Spear y Bowen (1999) refieren que muchas compañías de manufactura alrededor del mundo han tratado infructuosamente de imitar el éxito del sistema de producción Toyota (TPS, por sus siglas en inglés), que es la piedra angular de la manufactura esbelta de acuerdo con Womack et al. (1990). Spear

y Bowen (1999) establecen que la causa del fracaso se debe a que dichas compañías consideran que el éxito de Toyota radica en la aplicación de las técnicas o herramientas de la manufactura como: SMED, TPM, Kanban, etc. de manera aislada, lo cual en su opinión es un razonamiento equivocado; el éxito se debe, afirman, en la aplicación de cuatro reglas de manera disciplinada y consistente, que conforman el DNA del sistema de producción Toyota: a) la forma como trabajan las personas —*toda actividad debe estar perfectamente bien especificada*—; b) cómo se comunican las personas —*la comunicación debe ser directa y sin ambigüedad*—; c) cómo se construye la línea de producción —*la línea debe ser lo más directa y sin detenciones de los flujos de material y productos*—; d) cómo mejoran las personas —*toda mejora debe hacerse siguiendo en todos los niveles organizacionales el método científico*.

Por su parte, Liker et al. (2011) más recientemente han establecido que más de 70% de las implantaciones de manufactura esbelta en el mundo fallan debido a la falta de un real y genuino compromiso y liderazgo de la alta administración, así como la carencia de la adecuada capacitación y entrenamiento, lo que provoca que únicamente se consigan implantar “silos” esbeltos en las organizaciones; esta afirmación en esencia coincide con lo referido por Spear y Bowen (1999) años atrás.

En el caso particular de las plantas de manufactura de Apodaca, México, de acuerdo con los resultados presentados en el presente artículo, se pueden observar problemáticas similares a las mencionadas por Spear y Bowen (1999) y Liker et al. (2011). En otras palabras no se muestra un desempeño importante en el rubro de la manufactura esbelta, aunque en ese sentido debe decirse que las plantas grandes se desempeñan ligeramente mejor que las plantas medianas.

En cuanto a la manufactura sustentable, de acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio en los aspectos de este rubro, tampoco se pueden observar resultados sobresalientes en ninguna de las categorías de las plantas, esto provoca que las empresas no estén obteniendo los beneficios que permite obtener la implantación de iniciativas sustentables, como son: desarrollo de nuevos productos y/o procesos, penetración en nuevos mercados, mejora de la imagen pública, mejores resultados financieros y ventajas competitivas y estratégicas, mayor reputación de la marcas e incremento de la generación de valor para los accionistas, a través de la eliminación sistemática de los des-

perdicios ambientales (Monge et al., 2013; MIT y BCG, 2013, 2011, 2009; EPA, 2000; Millar, 2011; Wills, 2009a, 2009b).

Finalmente, en cuanto a la mejora continua y como ya se ha mencionado en esta sección en el apartado de la manufactura sustentable, no está presente de manera consistente y sistemática en las plantas medianas y grandes estudiadas, de acuerdo con los resultados mostrados en este estudio. En este sentido es importante mencionar que al no contar con enfoques de mejora continua sistemáticos, que funcionen de manera consistente e integrada, con la activa participación de los empleados y el compromiso y liderazgo de la alta administración (Liker et al., 2011), impide que se consoliden en primera instancia los aspectos de la manufactura esbelta y la manufactura sustentable, y que las empresas tampoco se vean beneficiadas con la aportación continua y copiosa de propuestas individuales de mejora (sugerencias) de los trabajadores, una amplia participación del personal en proyectos de mejora continua, una elevada implantación de las sugerencias proporcionadas por los empleados, y una amplia dedicación del tiempo cotidiano de trabajo de la administración de las plantas a la observación directa en los pisos de producción; éstas son, de acuerdo con Koenigsaecker (2009), condiciones fundamentales para el éxito de un excelente sistema de mejora continua; en este sentido y en los aspectos referidos los resultados muestran números lejanos a un desempeño sobresaliente de las plantas.

Conclusiones

De acuerdo con el análisis estadístico descriptivo de las respuestas de los gerentes de planta de la muestra de 40 plantas de manufactura de Apodaca, Nuevo León, no se observa una efectiva implantación de la manufactura esbelta, la manufactura sustentable y la mejora continua, esto lo indican los bajos niveles de adopción de las prácticas que constituyen cada uno de los aspectos referidos; es determinante por lo tanto que las plantas redoblen sus esfuerzos con el fin de adoptar de manera sostenida y consistente las prácticas de manufactura esbelta, manufactura sustentable y mejora continua, con el fin de conseguir en primera instancia los beneficios que otras plantas de manufactura en otros contextos están logrando, y también para mantenerse en la

vanguardia, conseguir ventajas competitivas y a través de éstas la viabilidad en el mediano y largo plazos de las plantas de manufactura de Apodaca, México.

En este sentido, los resultados obtenidos y mostrados en el presente estudio pueden ser utilizados como guía para identificar los aspectos analizados de la manufactura esbelta, manufactura sustentable y mejora continua más débiles y urgentes de atacar, identificar las barreras que han impedido su exitosa implantación así como definir y estructurar proyectos específicos de mejora que conduzcan a las plantas hacia mejores niveles de desempeño en términos de: calidad, costos, tiempos de entrega, seguridad, moral de los empleados, innovación y desempeño ambiental.

Estudios posteriores

Resulta importante en primera instancia reconocer que la muestra ($n = 40$) de las plantas estudiadas son del área de Apodaca, México, sin duda el municipio más industrializado del estado de Nuevo León, por lo que se requiere aplicar el cuestionario a las plantas de manufactura del resto de los municipios industrializados del estado o bien en otros estados del país para conocer el grado de adopción de las prácticas analizadas en otros contextos. Por otra parte, es necesario realizar un estudio para conocer cuáles son las barreras e impulsores en las plantas de manufactura para la implantación exitosa de la manufactura esbelta, manufactura sustentable y mejora continua, con el fin de efectuar acciones correctivas en el sentido correspondiente.

Referencias bibliográficas

- Amin, M. A., y Karim, M. A. (2013). "A time-based quantitative approach for selecting lean strategies for manufacturing organisations", *International Journal of Production Research*, 51(4).
- Arrieta, J. G., Botero, V. E., y Romano, M. J. (2010). "Benchmarking sobre la manufactura esbelta (*lean manufacturing*) en el sector de la confección en la ciudad de Medellín, Colombia", *Journal of Economics, Finance and Administrative Science* (en línea), 15(28), pp. 141-170.
- Austin, D., Saleeshya, P. G., y Vamsi, N. (2013). "A model to assess the lean capabilities of automotive industries", *International Journal of Productivity and Quality Management*, 11(2): 195.

- Bergmiller, G. G., y Mc.Cright, P. R. (2011). "Lean and sustainability programs: Evidence of operational synergy for lean manufacturers and logical growth toward sustainability", *Review of Business Research*, 11(5): 58-68.
- Cardozo, E. R., Rodríguez, C., y Guaita, W. (2011). "Las pequeñas y medianas empresas agroalimentarias en Venezuela y el desarrollo sustentable: Enfoque basado en los principios de la manufactura esbelta", *Información Tecnológica* (en línea), 22(5): 39-48.
- Cooper, R., y Maskell, B. (2008). "How to manage through worse-before better", *MIT Sloan Management Review*, 49(4), verano, pp. 58-65.
- Environmental Protection Agency (EPA). (2000). *Pursuing perfection: Cases studies examining lean manufacturing strategies, pollution prevention and environmental regulatory management implications*, 1(22). Estados Unidos: EPA. www.epa.gov
- Ferdousi, F., y Ahmed. A. (2009). "An investigation of Manufacturing Performance through Lean Production: A Study on Bangladeshi Garment Firms", *International Journal of Business and Management*, 4(9): 106-116.
- Ghosh, M. (2013). "Lean manufacturing performance in Indian manufacturing plants", *Journal of Manufacturing Technology Management*, 24(1): 113-122.
- Hair, J. F., Ringle, C. M., y Sarstedt, M. (2011). "PLS-SEM: Indeed a silver bullet", *Journal of Marketing Theory and Practice*, 19(2), primavera, pp. 139-151.
- Henseler, J., Ringle, C. M., y Sinkovics, R. R. (2009). "The use of partial least squares path modeling in international marketing", *Advances in International Marketing*, núm. 20, pp. 277-319.
- Imai, M. (1986). *Kaizen: La clave de la ventaja competitiva japonesa*. México, DF: CECSA.
- Irastorza, V., y Fernández, X. (2010). "Balance nacional de energía y su relación con el inventario nacional de emisiones", *Revista Internacional de Estadística y Geografía México*, 1(1), noviembre, pp. 52-57. http://rde.inegi.org.mx/revista_noviembre_2010/
- Jiang, Z., Zhang, H., y Sutherland, J. W. (2012). "Development of an environmental performance assessment method for manufacturing process plans", *International Journal of Advanced Manufacturing Technologies*, núm. 58, pp. 783-790.
- Koenigsaecker, G. (2009). *Leading the Lean Enterprise Transformation*. Nueva York: CRC Press, pp. 39-77.
- KPMG México. (2009). Encuesta: Desarrollo sustentable en México (2009). México DF: KPMG Cárdenas Dosal, S. C., pp. 4-27. <http://kpmg.com.mx>
- Lee, S. (2012). "The impact of manufacturing practices on operational performance", *Review of Business Research*, 12(5): 184-189.
- Liker, J., y Convis, G. (2011). *The Toyota way to lean leadership*. Nueva York: CRC Press, pp. 1-10.

- Millar, H. H., y Rusell, S. (2011). "The adoption of sustainable manufacturing practices in the Caribbean", *Business Strategy and the Environment*, núm. 20, pp. 512-526.
- MIT y BCG. (2009). "The business of sustainability", *MIT Sloan Management Review*, Special Report, pp. 3-14.
- . (2011). "Sustainability: The 'Embracers' seize the advantage", *MIT Sloan Management Review Research Report*, invierno, pp. 5-22.
- . (2013). "Findings from the 2012 sustainability and innovation global executive study and research report", *MIT Sloan Management Review Research Report*, invierno, pp. 1-13.
- Monge, C. (2014). *Impacto de la manufactura esbelta, la manufactura sustentable y la mejora continua en la eficiencia operacional y responsabilidad ambiental de las plantas de manufactura de México*, tesis doctoral Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- Monge, C., Cruz, J., y López, F. (2013). "Impacto de la manufactura esbelta, manufactura sustentable y mejora continua en la eficiencia operacional y responsabilidad ambiental en México", *Información Tecnológica*, 24(4): 15-31.
- Murugesan, T. K., Kumar, B. S., y Kumar, M. S. (2012). "Competitive advantage of world class manufacturing system (WCMS): A study of manufacturing companies in south India", *European Journal of Social Sciences*, 29(2): 295-311.
- Reyes-Aguilar, P. (2002). "Manufactura delgada (*lean*) y seis sigma en empresas mexicanas: Experiencia y reflexiones", *Revista de Contaduría Pública y Administración México*, núm. 205, abril- junio, pp. 51-67.
- Ringle, C., Wende, S., y Will, A. (2005). *Smart PLS 2.0 M3. Next generation path modeling software*. Hamburgo, Alemania.
- Rodríguez, I. (2011). "Construya la eficiencia energética", *Revista Manufactura Expansión México*, febrero, pp. 41-45.
- Schneider Study. (2011). "Execs see energy as business, moral imperative", *Plant Engineering*, núm. 1-2. <http://www.plantengineering.com/single-article/schneider-study-execs-see-energy-as-business-moral-imperative>
- Spear, S., y Bowen. (1999). "Decoding the DNA of the Toyota production system", *Harvard Business Review*, sept-oct, pp. 95-106.
- Toussaint. J. S., y Berry, L. L. (2013). "The Promise of lean in health care", *Mayo Clinic Proceedings*, 88(1): 72-84.
- Upadhye, N., Deshmukh, D. G., y Garg, S. (2010). "Lean manufacturing for sustainable development", *Global Business and Management Research*, 2(1): 125-137.
- Vinodh, S., y Dino, J. (2012). "Structural equation modeling of lean manufacturing practices", *International Journal of Production Research*, 50(6): 1598-1607.
- Wills, B. (2009a). *Green intentions: Creating a green value stream to compete and win*. Nueva York: CRC Press, pp. 3-34.

- . (2009b). “The business case for environmental sustainability (green): Achieving rapid returns from the practical integration of lean and green”, *HPS White Paper*, pp. 1-6. <http://www.leanandgreensummit.com/lgbc.pdf>
- Womack, J. P., Jones, D. T., y Roos, D. (1990). *The machine that changed the world: The story of lean production systems*. Nueva York: Rawson Associates, pp. 11-15.

