

Uso de ecuaciones estructurales en áreas de manufactura y mejora continua. El caso de plantas de manufactura de Apodaca, México

Carlos Monge¹
Jesús Cruz²
Fabián López³

Resumen

El uso de la modelación mediante ecuaciones estructurales ha sido empleado de manera amplia en las áreas de las ciencias del comportamiento, mercadotecnia, preferencias del consumidor y servicio al cliente. Sin embargo, existe poca bibliografía que muestre su uso en áreas de manufactura, calidad o mejora continua. El presente artículo presenta la aplicación exitosa, estadísticamente significativa y relevante de ecuaciones estructurales en una investigación realizada en plantas de manufactura de Apodaca, México. En ese estudio se analizan aspectos de manufactura y mejora continua y su impacto en la eficiencia operacional de las plantas, y se presentan los resultados de la aplicación en las áreas mencionadas, sugiriendo que las ecuaciones estructurales pueden ser utilizadas

en distintas áreas con la misma eficacia y confiabilidad que otras técnicas estadísticas de análisis multivariado.

Abstract

The use of structural equations modeling has been used widely in the areas of behavioral science, marketing, consumer preferences and customer service. Yet little literature showing its use in areas of manufacturing, quality and continuous improvement exists. This article presents the statistically significant and relevant successful application of structural equations in a study made in manufacturing plants of Apodaca, Mexico. In that study aspects of manufacturing and continuous improvement and its impact on the operational efficiency of the plants are analyzed, and the results of the application in the areas mentioned are presented,

¹ Universidad Autónoma de Nuevo León. E-mail: carlosmongep@prodigy.net.mx

² Universidad Autónoma de Nuevo León. E-mail: jesuspnd@prodigy.net.mx

³ Universidad Autónoma de Nuevo León. E-mail: fabian.lopezpz@gmail.com

suggesting that the structural equations can be used in different areas other than the traditional with the

⋮
⋮
⋮

same efficiency and reliability that other statistical techniques of multivariate analysis.

Palabras clave: ecuaciones estructurales, mejora continua, manufactura, SEM.
Key words: continuous improvement, manufacturing, SEM, structural equations.

Introducción

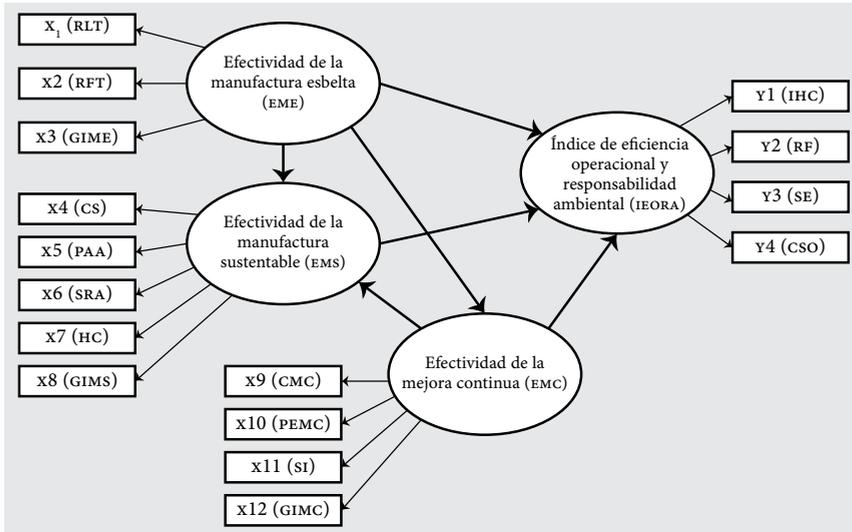
La modelación mediante ecuaciones estructurales con variables latentes SEM, en las modalidades basadas en covarianza CB-SEM (Bagozzi, 1994) y soportado por los paquetes de software estadísticos AMOS, EQS, LISREL y otros, o bien los basados en varianza a través de mínimos cuadrados parciales PLS-SEM (Reinartz *et al.*, 2009; Lohmöller, 1989) y que usan el paquete de software SMART PLS, han sido considerados un método estadístico cuasi estándar para estudios en las áreas de administración, investigación de mercados, comportamiento organizacional, sistemas de información administrativa y comportamiento del consumidor (Hair *et al.*, 2012, 2011; Henseler *et al.*, 2009), así como en investigaciones de publicidad. El deseo de probar o comprobar teorías completas y conceptos, así como la predicción (Holck *et al.*, 2010), son las razones para que los investigadores abracen esta técnica estadística (Hair *et al.*, 2011; Henseler *et al.*, 2009).

A diferencia de CB-SEM, PLS se enfoca en maximizar la varianza explicada de las variables latentes endógenas en vez de reproducir la matriz de covarianza teórica (Henseler *et al.*, 2011). En este sentido la decisión de usar CB-SEM o PLS-SEM dependen fuertemente del objetivo del estudio de investigación; si el fin es probar o comprobar teorías puede preferirse el método CB-SEM, mientras que si el objetivo es el desarrollo de teorías o la predicción es recomendable el uso de PLS-SEM (Hair *et al.*, 2012; 2011; Henseler *et al.*, 2011). Por otra parte, PLS-SEM posee algunas características que han promovido su popularidad y que pueden ser altamente benéficas cuando se realizan investigaciones con muestras pequeñas; las características son: PLS-SEM no es restrictivo en cuanto al tamaño de la muestra, y de hecho puede trabajar con muestras pequeñas; tampoco asume normalidad de los datos de entrada y puede manejar una escala de medición formativa, estas características ventajosas no están presentes en los modelos CB-SEM (Monge *et al.*, 2013; Hair *et al.*, 2012, 2011; Henseler *et al.*, 2011).

No obstante la amplia popularidad de SEM y en particular de PLS-SEM en las ciencias sociales, y que queda de manifiesto en el hecho de que entre 1980

y 2010 cerca de 200 estudios de investigación fueron publicados en los *top 20 journals* de mercadotecnia empleando PLS-SEM (Henseler *et al.*, 2011), existen pocos estudios empíricos utilizando SEM aplicados a áreas diferentes a las ciencias sociales, como pueden ser la manufactura, calidad, mejora continua, sustentabilidad y eficiencia operacional en la manufactura; algunos de éstos aplicados a éstas áreas son los de Monge *et al.* (2013), Lee (2012) y Vinohd *et al.* (2012). En este artículo se presenta un modelo de ecuaciones estructurales mediante PLS-SEM que interrelaciona la manufactura esbelta, la manufactura sustentable y la mejora continua con la eficiencia operacional y responsabilidad ambiental en cuarenta plantas de manufactura discreta de Apodaca, México; el estudio muestra el impacto positivo, relevante y estadísticamente significativo que tienen la efectividad de la manufactura esbelta (EME), la manufactura sustentable (EMS) y la mejora continua (EMC) en la eficiencia operacional y responsabilidad ambiental (IEORA) en plantas de manufactura de una región fuertemente industrializada de México; asimismo muestra el impacto positivo que la eficiencia operacional y responsabilidad ambiental tiene en los resultados financieros (RF), impacto en la huella de carbono (IHC), cultura de sustentabilidad organizacional (CSO) y satisfacción de los empleados (SE) de las plantas de manufactura mexicanas (Monge *et al.*, 2013). En la figura 1 se muestra el modelo gráfico de causa-efecto del estudio discutido en este artículo y se presentan los constructos involucrados.

Figura 1
Modelo gráfico del estudio



Fuente: Monge *et al.*, 2013.

Descripción de variables e indicadores

Variable latente exógena: efectividad de la manufactura esbelta (EME). Variables latentes endógenas: efectividad de la manufactura sustentable (EMS), efectividad de la mejora continua (EMC), índice de eficiencia operacional y responsabilidad ambiental (IEORA). Indicadores exógenos: reducción del tiempo de entrega (RLT), reducción del tiempo de flujo (RFT), grado de implantación de la manufactura esbelta (GIME). Indicadores endógenos: compromiso con la sustentabilidad (CS), producción de productos y servicios amigables al ambiente (PAA), superación de las regulaciones ambientales (SRA), huella de carbono (HC), grado de implantación de la manufactura sustentable (GIMS), compromiso de la administración con la mejora continua (CMC), participación de los empleados en la mejora continua (PEMC), sugerencias implantadas (SI), grado de implantación de la mejora continua (GIMC), impacto en la huella de carbono (IHC), resultados financieros (RF), satisfacción de los empleados (SE), cultura de sustentabilidad de la organización (CSO).

Revisión de la bibliografía

El concepto esbelto y la manufactura esbelta, términos introducidos por James P. Womack en 1990 en su libro *La máquina que cambió al mundo*, persiguen mejoras sustanciales del desempeño operacional, o como Marugesan *et al.* (2012) que refieren ventajas competitivas como calidad, costo, precio, velocidad en la entrega, consistencia en la entrega, innovación y flexibilidad (mejor, más barato, más rápido y más ágil), esto es posible a través de la identificación y eliminación continua y sistemática de los desperdicios (actividades que no agregan valor) o “mudas” (término japonés de desperdicios), con el involucramiento activo de todos los empleados de una organización en proyectos de mejora continua (Imai, 1986). La aplicación disciplinada, comprometida y eficazmente liderada de estos principios eventualmente conduce a las plantas hacia la conversión en empresas esbeltas y a la obtención de enormes beneficios en términos de eficiencia operacional y ventajas competitivas (Ghosh, 2013; Lee, 2012; Murugesan *et al.*, 2012; Vinohd *et al.*, 2012).

En relación con la manufactura esbelta y el pensamiento esbelto existen varios estudios en la bibliografía (Amin *et al.*, 2013; Austin *et al.*, 2013; Ghosh, 2013; Lee *et al.*, 2012; Monge *et al.*, 2013; Vinodh *et al.*, 2012; Murugesan *et al.*, 2012) e incluso algunos de ellos realizados en contextos latinoamericanos (Cardozo *et al.*, 2011; Millar *et al.*, 2011; Arrieta *et al.*, 2010; Pérez *et al.*, 2011), aunque sólo algunos implican el empleo de ecuaciones estructurales; por ejemplo, Vinodh *et al.* (2012) describe que con frecuencia se considera que la manufactura esbelta mejora la competitividad de los negocios, aunque existe poca evidencia en la bibliografía de estudios empíricos que validen el impacto positivo en el desempeño organizacional. Con este propósito en este estudio se obtuvieron datos empíricos para medir las prácticas de la manufactura esbelta que prevalecen en las industrias en India, fue desarrollado un modelo de ecuaciones estructurales para validar las mediciones y las hipótesis, y los resultados muestran cómo la manufactura esbelta está correlacionada con el mejoramiento del desempeño operacional de las organizaciones; este estudio tiene un enfoque similar al de la presente investigación, debido a que usa modelación con ecuaciones estructurales para determinar el impacto directo de la manufactura esbelta con la eficiencia operacional.

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 dieciocho 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 de calidad, costo, velocidad y flexibilidad; en otros estudios estas dimensiones son expandidas para incluir algunas otras mediciones (Murugesan *et al.*, 2012).

Monge *et al.* (2013) realizaron un estudio reciente en cuarenta plantas de manufactura medianas y grandes de Apodaca, México, para mostrar el impacto directo, relevante y estadísticamente significativo de la manufactura esbelta, la manufactura sustentable y la mejora continua en la eficiencia operacional y responsabilidad ambiental de las plantas; en ese estudio emplearon modelación mediante ecuaciones estructurales basados en mínimos cuadrados parciales y una escala de medición reflexiva con un cuestionario de 38 ítems.

Metodología

En la modelación del estudio objeto del presente artículo, y en virtud de la complejidad de las interrelaciones entre los constructos y la existencia de más de una variable dependiente, se utilizó la técnica estadística multivariada conocida como ecuaciones estructurales mediante mínimos cuadrados parciales, o mejor conocida como PLS-SEM, por sus siglas en inglés. Para el estudio se utilizó una muestra estadística estratificada de cuarenta plantas de manufactura de una población de sesenta de la zona altamente industrializada de Apodaca, en el estado mexicano de Nuevo León. El tamaño de la muestra estadística se determinó vía fórmula utilizando valores de $p=q=0.5$ y una confiabilidad de 95%.

Se utilizó una escala reflexiva con un instrumento de medición consistente en 38 ítems, validados mediante Alpha de Cronbach, y la estimación de ese modelo tanto en el componente del modelo de medición o modelo estructural y el modelo de medición se realizó mediante el *software* de SMART PLS (Ringle *et al.*, 2005), utilizando los algoritmos PLS y *bootstrapping*. En la determinación de la confiabilidad y validez del modelo de medición así como en la estimación del modelo estructural se aplicaron con todo éxito los criterios de calidad propuestos por Hair *et al.* (2012; 2011) y Henseler *et al.* (2011); esos criterios establecen que el cumplimiento de los criterios de diagnóstico al estimar los modelos de ecuaciones estructurales PLS-SEM es suficiente para concluir la validez del modelo de medición y su escala, la capacidad predictiva del modelo estructural y las relaciones causales, así como el poder estadístico (Monge *et al.*, 2013).

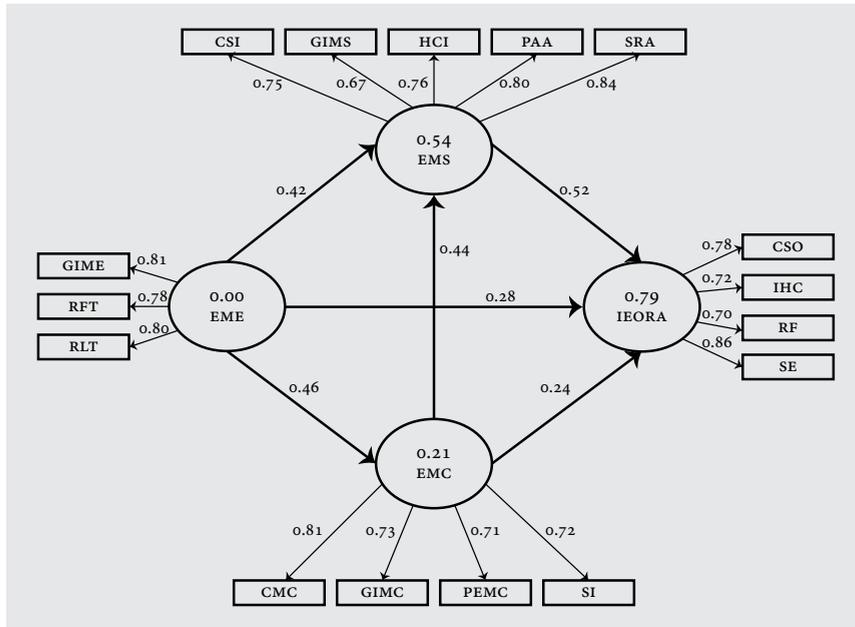
Los resultados emitidos por el paquete estadístico SMART PLS del modelo discutido en este artículo se presentarán en las secciones siguientes, en los que se mostrarán los resultados de la estimación del modelo de medición y estructural, denotados por los valores de R^2 , cargas factoriales, y los valores de t de student.

Estimación de los modelos PLS–SEM del estudio

El modelo motivo del presente artículo fue validado cumpliendo todos los criterios de calidad referidos por Hair *et al.* (2012; 2011), Henseler *et al.* (2011) y Monge *et al.* (2013) para escalas reflexivas, y queda de manifiesto que existe un impacto positivo, relevante y estadísticamente significativo de la manufactura esbelta, la manufactura sustentable y la mejora continua en la eficiencia operacional y responsabilidad ambiental de las plantas de manufactura. El artículo presenta los resultados de la estimación del modelo PLS–SEM empleando una muestra de cuarenta plantas de manufactura medianas y grandes, y datos obtenido a través de una encuesta aplicada a los gerentes de planta o manufactura. La mezcla de las plantas por su tamaño es 72.5% (29) de plantas grandes y 27.5% (11) de plantas medianas. Por su giro las plantas analizadas se distribuyen de la siguiente manera; metal–mecánicas 32.5% (13), autopartes 12.5% (5), ensambles electrónicos y ensambles eléctricos 10.0% (4) cada uno, termo–formado y cerámica 7.5% (3) cada especialidad, conversión/papel y ensamble de vehículos automotores 5.0% (2) cada uno, aeroespacial y alimentos y bebidas 2.5% cada uno (1) y otras manufacturas 5.0% (2). Las estimaciones de los modelos de medición (*outer model*) y estructural (*inner model*) se describen en las siguientes secciones.

La estimación del modelo de medición se realizó mediante SMART PLS 2.0 (Ringle *et al.*, 2005) empleando el algoritmo PLS para una $n = 40$, y los criterios de calidad establecidos en Hair *et al.* (2012; 2011), Henseler *et al.* (2009) y Monge *et al.* (2013). Los resultados se presentan en la figura 2.

Figura 2
Resultados de la estimación del modelo de medición



Fuente. Monge *et al.*, 2013.

El diagnóstico de modelos PLS-SEM con escalas reflexivas de múltiples ítems debe someterse a la confirmación de su *validez* y *confiabilidad*, así como la *capacidad predictiva* que tiene el modelo para predecir comportamientos de los constructos endógenos EME, EMC e IEORA a partir del constructo exógeno EME (Coelho *et al.*, 2012; Hair *et al.*, 2011; Monge *et al.*, 2013). Puede observarse que los valores encerrados en círculos corresponden a la R² y para el caso del estudio discutido en este artículo presenta un valores significativo de 0.79 para el IEORA, un valor medio para EMS y un valor bajo para le EMC, indicando con esto que la EMS tiene un impacto mayor en el modelo estructural y que la EMC presenta un valor bajo; por cuanto a los valores en las flechas del modelo interno o estructural, éstos representan betas estandarizadas y muestra el efecto causal entre los distintos constructos, y es posible observar que la EMS tiene el mayor impacto en la eficiencia operacional y responsabilidad ambiental (IEORA), en tanto la EMC presenta el menor impacto.

Las cargas factoriales estandarizadas indicadas en las flechas del modelo de medición o externo indican la confiabilidad y validez de los indicadores de los constructos (Hair *et al.* (2011) y Henseler *et al.* (2009). Los valores deben ser superiores a 0.70; en la figura 2 puede verse que las cargas están por arriba del umbral de 0.70, demostrando confiabilidad del modelo de medición y validez del instrumento de medición. En el caso particular de la carga estandarizada de 0.67 correspondiente al indicador GIMS, este indicador no se eliminó ya que de acuerdo con Hair *et al.* (2011) sólo se deben excluir indicadores con cargas estandarizadas menores a 0.70 si su eliminación eleva la confiabilidad compuesta al umbral crítico, lo cual no ocurrió en el caso de nuestro estudio.

La estimación del modelo interno se realizó mediante SMART PLS 2.0 (Ringle *et al.*, 2005) con cuarenta casos empleando el algoritmo *bootstarp*; los resultados obtenidos se muestran en la figura 3; las cantidades en las flechas tanto del modelo de medición externo como del modelo estructural (interno) representan los valores de la prueba t de student de las variables latentes e indicadores, lo que significa que el nivel de significancia de las relaciones causa efecto están en un nivel no menor a 95%.

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 remplazo 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) y Henseler *et al.* (2009).

El criterio primario de evaluación del modelo estructural son las mediciones de la R^2 y el nivel de significancia de los *path coefficients*, y en virtud de que la meta de predicción de PLS-SEM es explicar la varianza de las variables endógenas es necesario que los valores de R^2 de los constructos claves sean elevados; definir qué es elevado depende de la disciplina de la investigación de que se trate. Valores de R^2 de 0.75, 0.5 o 0.25 para variables latentes endógenas en el modelo estructural se consideran sustanciales, moderados o débiles respectivamente (Hair *et al.*, 2011). En el caso de la presente investigación, en la figura 2 se muestran valores que van de débiles, en el caso de la EMC, a moderados y sustanciales de las R^2 en las variables latentes EMS y IEORA del modelo estructural; en particular cabe resaltar el valor de la R^2 en la variable latente endógena IEORA que exhibe

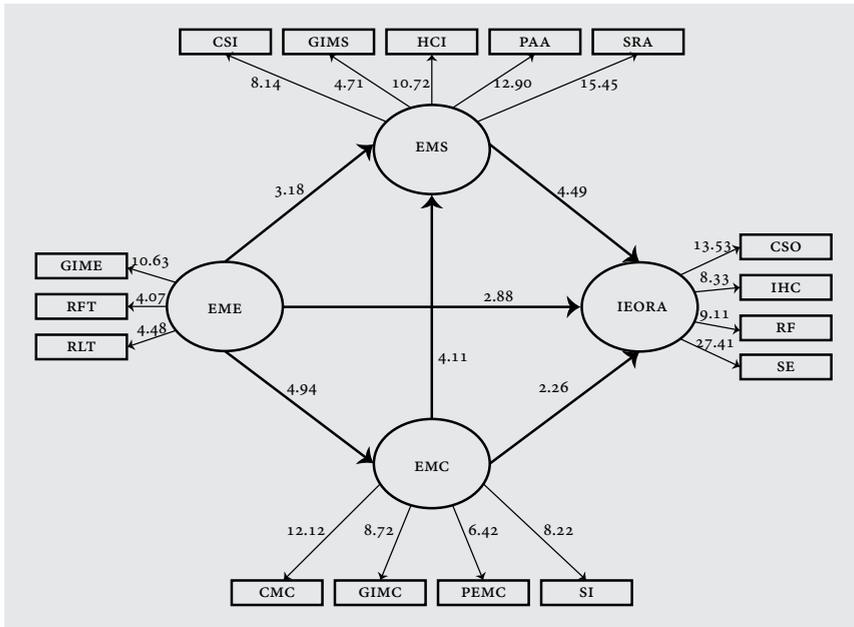
un nivel sustancial de 0.79. Los valores mencionados se obtuvieron usando el algoritmo bootstrap de SMART PLS 2.0 con 5000 muestras (Ringle *et al.*, 2005).

Para el diagnóstico del nivel de significancia de los *path coefficients* se usó nuevamente el algoritmo *bootstrap*, y de acuerdo con Hair *et al.* (2011) y Henseler *et al.* (2009) valores críticos de T son: para una prueba de dos colas 1.65 (nivel de significancia = 0.10 o 10%), 1.96 (nivel de significancia = 0.05 o 5%) y 2.58 (nivel de significancia = 0.01 o 1%). La figura 3 muestra los valores de T para el modelo estructural y salvo el valor de T de EMC à IEORA de 2.26, que es significativo en un poco más de 0.05 o sea 5%, el resto de los valores son significantes en al menos 0.01 o 1%; por lo que respecta a los valores de T del modelo de medición (externo), éstos son significantes al menos en 0.01 o 1%.

En relación con la relevancia predictiva se corrió el algoritmo *blindfolding* de SMART PLS 2.0 (Ringle *et al.*, 2005). Uno de los objetivos y aportaciones que persigue este estudio es que el modelo de la investigación (modelo IEORA) tenga capacidad predictiva del comportamiento del constructo endógeno (IEORA), con el fin de que éste pueda guiar a los usuarios del modelo en sus esfuerzos de mejora al poder correr el modelo y obtener valores en la variable latente IEORA. Para realizar el diagnóstico de la capacidad de predecir o relevancia predictiva del modelo estructural se usó el algoritmo *blindfolding* del PLS-SEM para obtener la redundancia validada y cruzada (*Cross validated redundancy* o CV Red); la medición predominante es la Q2 que postula que el modelo estructural debe ser capaz de predecir adecuadamente cada indicador del constructo latente endógeno (Hair *et al.*, 2011), en este estudio la variable latente IEORA.

La Q2 se obtiene usando el algoritmo *blindfolding*, una técnica de reuso de muestra que omite cada *dth* parte de un dato y usa el estimado resultante para predecir la parte omitida. El procedimiento *blindfolding* se aplica únicamente a constructos latentes endógenos que tienen un modelo de medición reflexivo. Para realizar el diagnóstico de Q2 la medida de CV Red de un determinado constructo latente endógeno debe tener valores mayores a 0.00, lo que se interpreta como la relevancia predictiva o explicativa de los constructos latentes exógenos sobre los constructos endógenos en consideración. En el caso del estudio discutido en este artículo se obtuvo que los valores de CV Red para los constructos del modelo tienen valores superiores a 0.00, lo que confirma la relevancia predictiva de los constructos exógenos sobre los constructos endógenos, es decir que es posible predecir el comportamiento de los constructos endógenos, en este caso EMS, EMC y IEORA, a partir de los constructos exógenos.

Figura 3
Estimación del modelo estructural o interno



Fuente: Monge *et al.*, 2013.

Discusión

Como ya se ha mencionado, los modelos mediante ecuaciones estructurales CBS-SEM (Bagozzi, 1994) o PLS-SEM (Lohmöller, 1989) han sido utilizadas ampliamente y de manera incremental en investigaciones relacionadas con las ciencias sociales y el comportamiento del consumidor, aunque cabe destacar que SEM también puede ser utilizada en investigaciones empíricas en áreas ingenieriles como manufactura, calidad, mejora continua y eficiencia operacional de las organizaciones (Monge *et al.*, 2013; Lee, 2012; Vinohd *et al.*, 2012). El empleo de SEM en investigaciones en estas áreas puede generar resultados positivos, relevantes y estadísticamente significativos, como es el caso del estudio empírico que se presenta en este artículo, que aborda el estudio de relaciones causa-efecto

de la manufactura esbelta, manufactura sustentable y mejora continua en la eficiencia operacional y responsabilidad ambiental para el caso de plantas de manufactura discretas medianas y grandes de México.

El estudio empírico discutido en este artículo obtuvo resultados confiables y válidos, así como estadísticamente significativos, y con capacidad predictiva del modelo para estimar desempeños futuros de las plantas de manufactura en materia de eficiencia operacional y responsabilidad ambiental; estos resultados fueron verificados para demostrar su validez y confiabilidad así como su significancia y poder estadístico; para ello se emplearon los criterios de calidad de modelos PLS-SEM referidos por Hair *et al.* (2012, 2011) y Henseler *et al.* (2011). La aplicación de PLS-SEM mostró resultados contundentes, lo que sugiere que SEM puede ser utilizada de manera confiable en investigaciones ya sea para comprobar o desarrollar teorías (Hair *et al.*, 2011) y con fines predictivos (Monge *et al.*, 2013; Hair *et al.*, 2011; Hölck *et al.*, 2010) en áreas diferentes a las tradicionalmente abordadas por los enfoques de ecuaciones estructurales.

Conclusiones

Los modelos de ecuaciones estructurales CB-SEM o PLS-SEM pueden ser usados de manera confiable y estadísticamente significativa, para comprobar teorías (CB-SEM) o bien para el desarrollo de teorías y fines predictivos de comportamientos de constructos endógenos (PLS-SEM) en áreas distintas a mercadotecnia, comportamiento del consumidor, publicidad y psicología. En el caso particular de PLS-SEM, esta técnica puede ser usada en áreas de manufactura, calidad y mejora continua y otras, como se discutió en este artículo, y puede acompañarse de modelos estadísticos complementarios, como la regresión, para estimar desempeños en los indicadores clave de eficiencia operacional de las plantas de manufactura, lo que permitiría a las organizaciones tomar decisiones y priorizar acciones específicas de mejora con un fundamento empírico (Hölck *et al.*, 2010).

Referencias

- ARRIETA, J. G., V. E. BOTERO Y M. J. ROMANO (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), 141–170.
- AMIN, M. A Y M. A. KARIM (2013). A time-based quantitative approach for selecting lean strategies for manufacturing organisations, *International Journal of Production Research*, 51(4), 1146–1167.
- AUSTIN, D., P. G. SALEESHYA Y N. VAMSI (2013). A model to assess the lean capabilities of automotive industries, *International Journal of Productivity and Quality Management*, 11(2), 195.
- BAGOZZI, R. (1994). Structural equation models in marketing research: Basic principles, en Richard p. Bagozzi (ed). *Principles of Marketing Research*, Oxford: Blackwell.
- CARDOZO, E. R., C. RODRÍGUEZ Y W. GUAITA (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.
- COELHO, P. S. Y J. HENSELER (2012). Creating customer loyalty through service customization, *European Journal of Marketing*, 46(3/4), 331–356.
- GHOSH, M. (2013). Lean Manufacturing performance in Indian manufacturing plants, *Journal of Manufacturing Technology Management*, 24(1), 113–122.
- HAIR, J. F., M. SARSTEDT Y C. M. RINGLE (2012). An assessment of the use of partial least squares structural equation modeling in marketing research, *Journal of the Academy of Marketing Science*, 40, 414–433.
- HAIR, J. F., C. M. RINGLE Y M. SARSTEDT (2011). PLS-SEM: Indeed a silver bullet, *Journal of Marketing Theory and Practice*, 19(2), primavera, 139–151.
- HENSELER, J., C. RINGLE Y M. SARSTEDT (2011). Using partial least squares path modeling in advertising research: Basic concepts and recent issues, *Handbook of research on international advertising*, capítulo 12, Edward Elgar.
- HENSELER, J., C. M. RINGLE Y R. R. SINKOVICS (2009). The use of partial least squares path modeling in international marketing, *Advances in International Marketing*, 20, 277–319.
- HÖLCK, C., C. M. RINGLE Y M. SARSTEDT (2010). Management of multi-purpose stadiums: Importance and performance measurement of services interfaces, *International Journal Services Technology and Management*, 14(2/3), 188–204.
- IMAI, M. (1986). *Kaizen. La clave de la ventaja competitiva japonesa*, 1a. ed., México: CECSA.
- LEE, S. (2012). The impact of manufacturing practices on operational performance, *Review of business research*, 12(5), 184–189.
- LOHMOLLER, J. (1989). *Latent variable path modeling with partial least squares*, Heidelberg: Physica.
- MILLAR, H. H. Y S. RUSSELL (2011). The adoption of sustainable manufacturing practices in the Caribbean, *Business Strategy and the Environment*, 20, 512–526.
- MONGE, C. (2014). Impacto de la manufactura esbelta, la manufactura sustentable y la mejora continua en plantas de manufactura discreta de México, tesis de

- doctorado, México: Universidad de Nuevo León.
- MONGE, C., J. CRUZ Y F. LÓPEZ (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., B. S. KUMAR Y M. S. KUMAR (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.
- PÉREZ, J., D. LA ROTTA, K. SÁNCHEZ E Y. MADERA (2011). Identificación y caracterización de las mudas de transporte, procesos, movimientos y tiempos de espera en nueve pymes manufactureras incorporando la perspectiva del nivel operativo (en línea), *Ingenierae: Revista chilena de ingeniería*, 19(3), 396–408.
- REINARTZ, W., M. HAENLEIN Y J. HENSELER (2009). An empirical comparison of efficacy of covariance-based and variance-based SEM, *International Journal of Research in Marketing*, 26, 332–344.
- RINGLE, C., S. WENDE Y A. WILL (2005). *Smart PLS 2.0 M3; Next generation path modeling software*, Hamburg University.
- UPADHYE, N., D. G. DESHMUKH Y S. GARG (2010). Lean manufacturing for sustainable development, *Global Business and Management Research*, 2(1), 125–137.
- VINODH, S. Y J. DINO (2012). Structural equation modeling of lean manufacturing practices, *International Journal of Production Research*, 50(6), 1598–1607.
- WOMACK, J. P. D. T. JONES Y D. ROOS (1990). *The machine that changed the world: The story of lean production systems* 1a ed., Nueva York: Rawson Associates, 11–15.