

Validación de instrumento para identificar las actividades de manufactura esbelta y sus beneficios

Flor Adriana Martínez-Hernández¹, Jorge Luis García-Alcaraz², Adrián Salvador Morales-García³, José Roberto Díaz Reza⁴

Resumen— En este artículo se presenta el diseño y validación de un cuestionario relacionado con la implementación de herramientas de manufactura esbelta, la cual fue aplicada a empresas del sector maquilador. Se analizaron 17 herramientas y 3 beneficios: comerciales, ambientales y sociales. Se realizó un análisis de fiabilidad a un total de 169 encuestas obtenidas de gerentes, ingenieros y técnicos que laboraban en la industria maquiladora de Ciudad Juárez (México). Se utiliza el índice Alpha de Cronbach de manera iterativa para analizar la consistencia interna de los ítems en las herramientas y beneficios analizados. Los resultados indican que el cuestionario inicial puede modificarse para eliminar redundancia de algunos ítems, lo que permite tener un cuestionario confiable.

Palabras clave—Encuesta Lean, Manufactura esbelta, Herramientas lean, Análisis de fiabilidad, Alpha de Cronbach.

Introducción

En la actualidad las empresas enfrentan el desafío de optimizar los recursos sin repercutir en la calidad del producto o servicio que manejan, por lo que implementan nuevas técnicas organizacionales y de producción que permitan “hacer más con menos”, lo que les facilita competir en el mercado global. Para lograr ese objetivo, se implementan metodologías como la manufactura esbelta (ME), la cual se define como “una combinación de múltiples herramientas, cuya evolución data de 1850 con Eli Whitney, hasta 2000, con el término de manufactura esbelta” (Jose Armado Platas García, 2017).

A su vez, a la ME se le considera como “una estrategia de mejora continua en la producción compuesta por un conjunto de herramientas administrativas cuyo objetivo es ayudar a eliminar operaciones que no le agregan valor al producto y a los procesos, reducen o eliminan desperdicios para mejorar las operaciones bajo un ambiente de respeto por el trabajador” (Tapia Coronado, Escobedo Portillo, Barrón López, Martínez Moreno, & Estebané Ortega, 2017).

Conocer el nivel de implementación de ME en una empresa es de suma importancia para la toma de decisiones, ya que el modelo de fabricación esbelta es una de las alternativas que permiten a las empresas ser más productivas y competitivas y ayuda a la identificación y eliminación de los 8 desperdicios más comunes de acuerdo con (Calva, 2014) los cuales son: exceso de producción, transportes, inventario, esperas, reprocesos, defectos, movimientos innecesarios y desperdicio de talento humano.

Actualmente, se acepta que la ME es en realidad un conjunto de herramientas, que, aplicadas a un sistema productivo, genera una serie de beneficios. Esas herramientas se dividen básicamente en tres categorías, las herramientas básicas, las herramientas asociadas al aseguramiento de la calidad y las del flujo de materiales a través de la cadena de suministro.

La ME y sus herramientas son ampliamente usadas en la industria maquiladora nacional mexicana. Una maquiladora se define como una empresa que realiza sus operaciones de fabricación en México, generalmente cerca de la frontera entre Estados Unidos de América y México, que opera bajo un sistema de aranceles bajos. La instalación administrativa de la empresa matriz de una maquiladora o filial se encuentra en otro país.

La industria maquiladora nació en Ciudad Juárez en 1965, gracias a ella el estado de Chihuahua es el mayor empleador del país (17%) de acuerdo con (Index Juárez, 2019). En México existen 5144 plantas manufactureras, de las cuales en el estado de Chihuahua se encuentran 500 y más específicamente, 327 se encuentran en Ciudad Juárez (Index Juárez, 2020) generando 301,579 empleos que representa el 65% del total de empleos en la ciudad (Index Juárez, 2019).

¹ La Ing. Flor Adriana Martínez Hernández es estudiante de maestría en Ingeniería Industrial con especialidad en Manufactura Esbelta en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México. al194607@alumnos.uacj.mx (autor corresponsal)

² El Dr. Jorge Luis García Alcaraz es investigador y docente en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México jorge.garcia@uacj.mx

³ El Ing. Adrián Salvador Morales García es estudiante de maestría en Ingeniería Industrial con especialidad en Manufactura Esbelta en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México al194561@alumnos.uacj.mx

⁴ El Dr. José Roberto Díaz Reza es alumno del Doctorado en Ciencias en Ingeniería Avanzada en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chihuahua, México. al164440@alumnos.uacj.mx

A pesar del amplio uso que tiene la ME y sus herramientas en la industria maquiladora, actualmente no se cuenta con un instrumento de validación que permita identificar la relación que existe entre las diversas herramientas de manufactura esbelta, su nivel de implementación y los beneficios comerciales, ambientales y sociales que se obtienen. Las herramientas que son comúnmente implementadas y que perduran a lo largo del tiempo de acuerdo con (Sarria Yépez, Fonseca Villamarín, & Bocanegra Herrera, 2017) son: 5 S's, Mejora continua Kaizen, Kanban, Sistema Pull y SMED; sin embargo, se aplican sin tener un conocimiento previo de si son las más aptas para los beneficios que se busca obtener.

El objetivo principal de este estudio es el diseñar y validar un instrumento (encuesta) para ser aplicado en el sector maquilador en Ciudad Juárez, que posteriormente permita analizar la relación que existe entre la implementación de algunas de las herramientas de manufactura esbelta y sus beneficios.

Después de esta introducción, la sección dos describe las actividades desarrolladas para cumplir con el objetivo planteado, la sección tres ilustra los resultados obtenidos y finalmente, en la sección cuatro se indican una serie de conclusiones y recomendaciones.

Descripción del Método

El presente estudio está conformado por varias etapas, la primera trata de la revisión de literatura para identificar las herramientas de manufactura esbelta y sus beneficios, en la segunda etapa se crea un cuestionario y se valida por jueces, posterior a esto se realizan ajustes en el cuestionario de acuerdo con los comentarios emitidos por los jueces, en la tercera etapa se aplica el cuestionario a empresas maquiladoras de la localidad, durante la cuarta etapa se realiza la captura de información para posteriormente, en la quinta etapa proceder con la depuración de la base de datos, finalizando con la sexta etapa se realiza la validación del cuestionario, la estimación del índice Alpha de Cronbach y se eliminan los ítems menos significativos.

Etapas 1. Revisión de literatura

Se realiza una revisión de literatura en diferentes bases de datos, tales como Science direct, Scielo, Elsevier, entre otras. Los artículos de interés para esta investigación son los que exponen el uso e implementación de las herramientas de ME en otras ciudades o países. Se identificaron 17 herramientas para este estudio, las cuales son: gestión total de la calidad, análisis de causa raíz, 5 porque's, mapeo de la cadena de valor, flujo continuo, auditoria esbelta, cambios rápidos, hacerlo bien a la primera vez, desperdicios, 6 grandes pérdidas, metas inteligentes, indicadores claves de rendimiento, 5S's, SMED, A3 solución de problemas, PDCA y trabajo estandarizado; sin embargo, adicional a estas herramientas se incluyeron 3 beneficios obtenidos de implementar ME, los cuales son comercial, ambiental y social.

Para realizar la revisión literaria se utilizan palabras clave con referencia al nombre, uso o aplicación de cada una de las herramientas de ME, mismas que se ingresan a las diferentes bases de datos con la finalidad de localizar artículos relacionados lo cual permite crear un banco de datos para sustentar cada uno de los ítems que conformarían el cuestionario.

Etapas 2. Construcción del cuestionario

Con la revisión de literatura previa se diseñaron preguntas considerando entre 5 y 10 ítems por herramienta de ME, la revisión documental permite sustentar el instrumento en teorías o modelos previos y de acuerdo con (Galindo, 2020) de ésta forma se obtiene la validez de contenido mediante la validación racional de los ítems que conforman el cuestionario con el fin de asegurar la mejor representatividad.

Aunque el contenido del instrumento ya cuenta con una validación racional existen varios tipos de validez, de acuerdo a (Galicia Alarcón, Balderrama Trápaga, & Navarro, 2017) entre los de mayor uso están la validez de constructo, de criterio y de contenido. El juicio de expertos es un método de validación útil para determinar la validez de contenido de una investigación y consiste en la opinión informada de personas con trayectoria en el tema y que a su vez son reconocidos por otros como expertos en él y que pueden dar información, evidencia, juicios y valoraciones como lo menciona (Robles Garrote & Del Carmen Rojas, 2015). Para este estudio, el instrumento se valida mediante el juicio de expertos, se realiza un borrador del cuestionario mismo que fue entregado a 11 grupo jueces conformado por 8 gerentes de la industria local y 3 académicos.

De acuerdo con los comentarios recibidos en cuanto a estructura y gramática de los ítems, se procede a editar y generar el instrumento final, mismo que se integra por 3 secciones, la primera contempla la información demográfica sobre el encuestado y la empresa en la que labora, como su edad, sexo, cargo en la empresa, tipo de industria, años laborando entre otros datos. La segunda sección contiene los ítems que pertenecen a las 17 herramientas de ME identificadas.

La tercera sección está compuesta por los 3 beneficios obtenidos de la implementación de ME los cuales son rendimiento comercial, rendimiento ambiental y rendimiento social, conformando un total de 139 ítems. Una vez validado el contenido de la encuesta, se elige la escala Likert para responder los 139 ítems por parte de los encuestados para indicar su grado de acuerdo o desacuerdo sobre la afirmación en los ítems. Se usa esta escala dado que es ordenada y unidimensional, tal como lo indica (Matas, 2018). En esta investigación se considera una calificación del 1 a 6, tal como se muestra en la Tabla 1.

Puntaje	1	2	3	4	5	6
Significado	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Ligeramente en Desacuerdo	Ligeramente de acuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

Tabla 1. Escala Likert versión de 6 puntos.

Etapa 3. Aplicación de cuestionario

El cuestionario final es aplicado en la industria maquiladora de Ciudad Juárez, Chihuahua, México, las personas candidatas para la aplicación desempeñan cargos en los diferentes niveles jerárquicos de la empresa los cuales incluyen, gerentes, ingenieros, supervisores y técnicos.

Se establece contacto con el departamento de recursos humanos de las empresas con el cual se concretaron citas vía telefónica y correo electrónico con los candidatos a encuestar. Las citas que fueron canceladas debido a la falta de tiempo por parte del encuestado se le dio la opción para responderla en línea, si en más de 2 ocasiones se cancelaba la cita, los candidatos fueron desestimados y se procede a buscar nuevos prospectos, posteriormente se procede con la aplicación física de las encuestas, por lo que se capacitaron a seis encuestadores, alumnos de posgrado de la UACJ.

Al finalizar el proceso de aplicación de encuestas se reunieron un total de 174 encuestas.

Etapa 4. Captura de la información

Finalizada la aplicación de la encuesta a la muestra seleccionada, se procede con la revisión de la información, en este punto se inspeccionan, codifican las respuestas y cada encuestador crea una base de datos en Microsoft Excel ® con la información recolectada. Posterior a esto, se integran los datos obtenidos de los encuestadores utilizando SPSS 25®, que es uno de los softwares estadísticos más populares usados por científicos sociales (Miller, Ciaran, Fullerton, & Maltby, 2002).

Etapa 5. Depuración de base de datos

Para la depuración de los datos capturados en SPSS 25 ® se contemplaron tres actividades como la identificación de valores perdidos, identificar valores extremos e identificar encuestados no comprometidos.

- Los valores perdidos pueden deberse a diferentes situaciones como por ejemplo respuestas múltiples, falta de respuestas por el encuestado y respuestas que no han sido registradas correctamente, el tratamiento de valores perdidos crea conflicto si supera el 10% del total de datos de la encuesta, (Rosendo Ríos, 2018). En el caso de que no supere este porcentaje, los valores perdidos se sustituyen por la mediana.
- Los valores extremos son valores atípicos que no parecen encajar con el conjunto de datos, estos son identificados mediante la estandarización de los ítems, si el valor estandarizado sobrepasa los $|4\sigma|$ el valor es reemplazado por la mediana.
- Para detectar a los encuestados no comprometidos se calcula la desviación estándar de cada encuestado, se considera que si el valor de ésta es menor a 0.25, el caso no es contemplado y se elimina de la base de datos.

Etapa 6. Validación del cuestionario

Después de ejecutar todas las etapas anteriores se puede considerar que el cuestionario es válido, el último requisito es que este instrumento sea confiable y para esto se realiza un análisis de fiabilidad utilizando el software SPSS 25 ® para estimar el estadístico Alpha de Cronbach, en palabras de (Dorantes Rodríguez, 2018), este método “consiste en definir un modelo de consistencia interna basado en el promedio de la correlación presente entre los reactivos”.

El cálculo del Alpha de Cronbach se obtiene de cada grupo de ítems de cada una de las 17 herramientas de ME así como a sus beneficios. Este proceso se realiza de forma iterativa, el ítem que presente menor correlación debe ser eliminado, posteriormente se realiza una nueva iteración con el total de ítems que quedó hasta lograr un valor Alpha no menor a 0.70 de acuerdo con (Dorantes Rodríguez, 2018).

Comentarios Finales

Resumen de resultados

En este trabajo de investigación se llevó a cabo el diseño, validación y depuración de un instrumento de medición para identificar las actividades asociadas a la aplicación de manufactura esbelta y sus beneficios. De un total de 174 encuestas aplicadas, se eliminaron 5 que no cumplían con los criterios de inclusión debido a que se detectaron encuestados no comprometidos, dejando un total de 169 encuestas después de la depuración.

La Tabla 2 indica la relación entre el sector maquilador al que pertenece y el género del encuestado, se puede apreciar que el sector Automotriz tiene el primer lugar en la cantidad de personas encuestadas con un total de 74, seguido por el sector médico con un total de 40 personas. Se aprecia también que la fuerza laboral masculina es mayor que la femenina en este estudio.

Sector	Género		Total
	Femenino	Masculino	
Automotriz	23	51	74
Médico	12	28	40
Otro	14	16	30
Electrónico	2	8	10
Logística	3	4	7
Eléctrico	1	4	5
Maquinados	2	1	3
Total	57	112	169

Tabla 2. Tabla cruzada sector al que pertenece y género

La Tabla 3 muestra las 17 herramientas y los 3 beneficios validados en esta investigación, en la primera columna se puede apreciar la nomenclatura utilizada para cada herramienta y beneficio, seguido por la cantidad de ítems iniciales y finales, así como el número de ítem eliminados de cada herramienta o beneficio, finalmente en la quinta columna se aprecia el coeficiente Alpha de Cronbach para cada uno de los bloques de preguntas que conforman el cuestionario final.

Durante el desarrollo de esta investigación en el análisis de fiabilidad se observaron diferentes comportamientos en las iteraciones para la eliminación de ítems, por ejemplo en la herramienta de metas inteligentes se tenía un Alpha de Cronbach inicial de 0.875 y al eliminar la pregunta número 5 se incrementó el Alpha de Cronbach a 0.879, lo cual indica que el contar con una mayor cantidad de preguntas no asegura un mayor coeficiente de confiabilidad, como en este caso el eliminar un ítem se obtuvo un mayor coeficiente haciendo más confiable la medición que al inicio.

Es importante contemplar que el Alpha de Cronbach no fue menor a 0.831 en ninguno de las herramientas de ME y beneficios analizados. De un total de 139 ítems iniciales en el cuestionario, después del proceso de validación se tenían solamente 71 ítems, lo que quiere decir que se eliminó el 48.92% de los ítems sin perder la confiabilidad del instrumento. Los lectores que deseen tener acceso al cuestionario inicial previo validación, así como al cuestionario final validado puede contactar vía email a los autores de esta investigación.

Herramienta de LM o beneficio	Ítems al inicio	Ítems al final	Ítems eliminados	Alfa de Cronbach final
Gestión total de la calidad (TQM)	6	4	1,6	0.831
Análisis de causa raíz (RCA)	5	3	1,2	0.879
Mapeo de la cadena de valor (VSM)	6	4	2,5	0.849
Flujo continuo (CF)	6	5	4	0.838
Auditoría esbelta (LA)	7	3	4,5,6,7	0.883
Cambios rápidos (QC)	7	4	1,2,3	0.845
Hacerlo bien a la primera vez (RFT)	7	4	1,6,7	0.877
Desperdicios (W)	8	4	1,2,3,7	0.869
6 grandes pérdidas (SBL)	7	4	3,6,7	0.882
Metas inteligentes (SG)	5	3	3,5	0.866
Indicadores claves de rendimiento (KPI)	10	3	4,5,6,7,8,9,10	0.925
5S's (S)	6	3	1,2,4	0.883
SMED (SMED)	7	3	1,2,4,5	0.875

A3 solución de problemas (A3PS)	10	3	1,2,3,4,5,6,9	0.9
PDCA (PDCA)	10	3	1,5,6,7,8,9,10	0.913
Trabajo estandarizado (SW)	9	3	4,5,6,7,8,9	0.906
5 porque's (5W)	6	3	1,2,3	0.908
Rendimiento comercial (BRC)	7	4	3,4,7	0.889
Rendimiento ambiental (BRA)	5	4	3	0.879
Rendimiento social (BRS)	5	4	5	0.882

Tabla 3. Validación de las variables y coeficientes Alpha de Cronbach

Conclusiones

El resultado de esta investigación proporciona un instrumento validado que puede ser aplicado a las empresas maquiladoras con la finalidad de conocer el estado actual en el que implementan las herramientas de manufactura esbelta, y a partir de este instrumento es posible recopilar y analizar la información para posteriormente generar y evaluar modelos relacionales.

Es importante considerar la dificultad que conlleva el diseño y validación de un instrumento de medición cualitativo, proceso en el cual el criterio del diseñador, la selección de la literatura de apoyo, así como las sugerencias y comentarios de los jueces son fundamental para la creación final de una encuesta óptima. Adicional a esto, la dificultad para conseguir citas para la aplicación de las encuestas en las diferentes industrias maquiladoras implica un reto, ya que el objetivo de la aplicación de la encuesta debe ser atractivo y debe generar interés en el encuestado para retirarse un momento de sus actividades laborales y dedicarle el tiempo necesario a responder todos los ítems de la encuesta.

Durante la etapa de aplicación de encuestas se pudo detectar que muchos de los encuestados tenían dudas sobre las herramientas ya que algunas de ellas las conocían con otro nombre o su traducción al inglés. A la mayoría de los gerentes contestó sin problemas las preguntas relacionadas con los beneficios, sin embargo, para otros niveles jerárquicos fue un poco más difícil decidir su calificación debido a la disponibilidad de información. Cabe destacar que en cada herramienta o beneficio en el cual surgían dudas el equipo de encuestadores estuvo capacitado para poder explicar y asesorar con ejemplos a que se refería cada una de las herramientas y beneficios.

Para finalizar, es necesario considerar que existen áreas de oportunidad en todas las empresas y el contar con un instrumento que proporcione datos sobre la implementación de LM, facilita la toma de decisiones sobre qué herramienta es conveniente implementar, cual necesita ser reforzada con el personal y cual es vital para lograr los objetivos de la compañía.

Recomendaciones

Los investigadores interesados en continuar con este estudio podrían concentrarse en el análisis del resto de las herramientas de lean manufacturing o reducir aún más el número de ítems que conforman la encuesta tomando en cuenta por supuesto, conservar los ítems más significativos con base a su coeficiente de correlación.

El instrumento puede ser aplicado en cualquier industria maquiladora de cualquier región, en los datos demográficos es posible ajustar el sector al que pertenece la empresa para adaptarlo a las necesidades del estudio, así como la demás información demográfica, misma que puede arrojar datos de interés que complementen el enfoque que se le quiera dar la investigación.

Aún hay un abundante campo por explorarse en lo que se refiere a la manufactura esbelta y múltiples herramientas que no son muy conocidas, es por eso que se recomienda generar investigación que se centre en las herramientas poco comunes o que no son muy utilizadas dejando la posibilidad a la creación de alguna nueva herramienta que sea de beneficio para la industria maquiladora.

I. REFERENCIAS

- Calva, R. C. (2014). *Manual de Lean Manufacturing: TPS Americanizado*.
- Dorantes Rodríguez, C. H. (2018). *El proyecto de investigación en psicología de su génesis a la publicación*. Ciudad de México: Universidad Iberoamericana, A.C.
- Galicia Alarcón, L. A., Balderrama Trápaga, J. A., & Navarro, R. E. (2017). Validez de contenido por juicio de expertos: propuesta de una herramienta virtual. *Apertura*, 42-53.
- Galindo, D. H. (2020). *Estadística para no estadísticos, una guía básica sobre la metodología cuantitativa de trabajos académicos*. Alcoy, España: Área de Innovación y Desarrollo, S.L.
- Index Juárez. (2019). Obtenido de Asociación de Maquiladoras, A.C.: <https://indexjuarez.com/wp-content/uploads/jesumartinez/Maquila%20overview.pdf>
- Index Juárez. (28 de febrero de 2020). Obtenido de Asociación de Maquiladoras, A.C.: <https://indexjuarez.com/wp-content/uploads/jesumartinez/ESTABLECIMIENTOS-IMMEX.pdf>
- Jose Armado Platas García, M. I. (2017). *Gestión integral de la calidad, un enfoque por competencias*. México DF: Grupo Editorial Patria.

- Matas, A. (2018). Diseño del formato de escalas tipo Likert: un estado de la cuestión. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 38-47.
- Miller, R., Ciaran, A., Fullerton, D., & Maltby, J. (2002). *SPSS for Social Scientists*. New York: Palgrave Macmillan.
- Robles Garrote, P., & Del Carmen Rojas, M. (2015). La validación por juicio de expertos: dos investigaciones cualitativas en Lingüística aplicada. *Nebrija de Lingüística aplicada a la enseñanza de las lenguas*, 124-139.
- Rosendo Ríos, V. (4 de marzo de 2018). *ESIC Editorial*. Obtenido de <http://editorial.esic.edu/contenidos/wp-content/uploads/sites/4/2018/03/Cap.-12.pdf>
- Sarria Yépez, M. P., Fonseca Villamarín, G. A., & Bocanegra Herrera, C. C. (2017). Modelo metodológico de implementación de lean manufacturing. *EAN*, 51-71.
- Tapia Coronado, J., Escobedo Portillo, T., Barrón López, E., Martínez Moreno, G., & Estebané Ortega, V. (2017). Marco de Referencia de la Aplicación de Manufactura Esbelta en la Industria. *Ciencia & Trabajo*, 171-178.

Notas Biográficas

La **Ing. Flor Adriana Martínez Hernández** es Ingeniero Industrial y de Sistemas egresada de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez y actualmente es estudiante de Maestría en Ingeniería Industrial en la misma universidad, donde investiga las herramientas de manufactura esbelta y sus beneficios.

El **Dr. Jorge Luis García Alcaraz** es profesor investigador en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Realizó su licenciatura y maestría en Ingeniería Industrial el Instituto Tecnológico de Colima y su Doctorado en el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez. Ha publicado 163 artículos indexados en SCOPUS y actualmente es SNI nivel III.

El **Ing. Adrián Salvador Morales García** es Ingeniero Industrial y de Sistemas egresado del Instituto Tecnológico de Arandas en Jalisco y actualmente es estudiante de Maestría en Ingeniería Industrial en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, donde investiga las herramientas de manufactura esbelta y sus beneficios.

El **Dr. José Roberto Díaz Reza** es Ingeniero Industrial y de Sistemas egresado de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, donde también cursó una Maestría en Ingeniería Industrial y actualmente, es alumno del Doctorado en Ciencias en Ingeniería Avanzada, donde investiga aspectos relacionados con el modelado de sistemas productivos.