

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
Instituto de Ingeniería y Tecnología
Departamento de Ingeniería Eléctrica
Doctorado en Ciencias de la Ingeniería Avanzada



**“Relación de Lean Manufacturing con los Beneficios Obtenidos
en la Industria Maquiladora de Ciudad Juárez”**

Por

M.I.I. Luis Javier Márquez Figueroa

Director: Dr. Jorge Luis García Alcaraz

Co-Director: Dr. José Roberto Díaz Reza

Ciudad Juárez, Chihuahua

febrero de 2025

Resumen

El propósito de esta tesis es examinar el impacto que genera la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta, tales como *VSM*, *Kaizen*, *KPIs*, Flujo de Una Pieza, Administración de la Calidad Total, Hacerlo Bien a la Primera Vez, Resolución de Problemas A3, Descentralización y Equipos Multifuncionales, por mencionar solo algunas. Su impacto se mide en los beneficios de la sustentabilidad económica, social o ambiental que se obtienen en la implementación en las industrias maquiladoras de Ciudad Juárez (México). De manera específica se elaboraron cuatro modelos de ecuaciones estructurales que vinculan las acciones de cada herramienta con las ventajas que se derivan de su puesta. Los modelos fueron creados utilizando el programa WarpPLS® 7.0, basándose en datos recabados de la industria de la maquiladora en Ciudad Juárez (México). Esta información se recabó con un cuestionario construido a partir de la revisión de literatura, el cual se validó por juicio de expertos y de manera estadística. Con los hallazgos de los modelos estudiados, se puede afirmar que los directivos y/o gestores de las industrias de la industria maquiladora de Ciudad Juárez poseen un punto de partida para implementar metodologías o herramientas de *Lean Manufacturing* y que lo asocian con los índices sustentables de las mismas. Esto significa que los directivos pueden examinar los resultados de estos modelos para determinar las herramientas más relevantes al momento de aplicar estas metodologías que más aportan a las ventajas sustentables en la industria maquiladora. Además, se mencionan capítulos de libro, participaciones en conferencia de investigaciones realizadas en el tópico de *Lean Manufacturing* durante el periodo como estudiante.

Palabras clave. *Lean Manufacturing*; Modelo de Ecuaciones Estructurales; Sustentabilidad Económica; Sustentabilidad Ambiental; Sustentabilidad Social

Agradecimiento

Primero, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi mentor de tesis, el Dr. Jorge Luis García Alcaraz, ya que, gracias a su experiencia, respaldo y monitoreo constante, este trabajo de tesis se llevó a cabo de forma positiva.

A mi familia les debo un gran agradecimiento por su amor sin condiciones y el respaldo brindado. La confianza depositada en mí fue el impulso que posibilitó alcanzar este enorme éxito. A mis hermanas, por confiar en mí y agradecer por ser mi soporte en las situaciones adversas.

Agradezco al Dr. Jorge Armando Sias Saucedo por su respaldo y motivación durante este proceso de doctorado, tanto en el ámbito profesional como personal, con sus recomendaciones y sabiduría ha sido parte de este logro.

A la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez le agradezco la oportunidad de progresar en el ámbito académico y laboral. También quiero expresar mis agradecimientos a la Coordinación del Doctorado en Ciencias de la Ingeniería Avanzada, por su respaldo y disposición crucial para la finalización de este doctorado.

Mi gratitud es dirigida a todos los compañeros y equipos que colaboraron en esta investigación. Su asistencia en la recopilación de datos e información, la revisión de mi trabajo y las apreciaciones positivas que robustecieron este proyecto de formas que no había previsto. Esta tesis es el producto de un trabajo conjunto, y su respaldo y cooperación resultaron fundamentales para su finalización.

Agradezco a todos por este viaje repleto de emociones y conocimientos.

Dedicatoria

Esta tesis está principalmente dedicada a Dios por la fuerza que me brindó en el proceso para concluir exitosamente este gran objetivo.

También dedico esta tesis a mi familia nuclear, a mis padres y a mis hermanas, por la inspiración para continuar, por el respaldo tan imprescindible y por el cariño demostrado hacia mí.

Finalmente, con mucha emoción, entrego esta tesis a mi futura esposa y familia, por la paciencia, la espera y el apoyo en cada instante en que parecía que ya no podía, pero perseveraba solo al pensar en ellos.

Tabla de contenido

Resumen.....	i
Agradecimiento.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Tabla de contenido.....	iv
Lista de figuras.....	vii
Lista de tablas.....	
1 Introducción.....	1
1.1 Concepto e historia de LM.....	1
1.2 Estructura y casa de LM.....	1
1.3 Beneficios de LM.....	3
1.4 Problema de investigación.....	4
1.5 Objetivo general.....	5
1.5.1 Objetivos específicos.....	5
1.6 Preguntas de investigación.....	5
1.7 Hipótesis.....	5
1.8 Limitaciones y delimitaciones.....	6
2 Marco teórico.....	7
2.1 Marco conceptual.....	7
2.1.1 <i>Lean manufacturing</i>	7
2.1.1.1 <i>Kaizen</i>	7
2.1.1.2 <i>Gemba</i>	8
2.1.1.3 Mapa de flujo de valor.....	9
2.1.1.4 Indicador de rendimiento clave.....	9
2.1.1.5 Planear-Hacer-Verificar-Actuar.....	10
2.1.1.6 Poka-Yoke.....	11
2.1.1.7 Gestión de la calidad total.....	11
2.1.1.8 Grupos de trabajo multifuncionales.....	11
2.1.1.9 Solución de problemas A3.....	12
2.1.1.10 Descentralización.....	12
2.1.1.11 Hacer las cosas bien a la primera.....	12
2.1.2 Sustentabilidad económica.....	12
2.1.3 Sustentabilidad social.....	13
2.1.4 Sustentabilidad ambiental.....	13
2.1.5 Diseño y validación de cuestionarios.....	13

2.1.6	Análisis descriptivo de los ítems	14
2.1.7	Modelado de ecuaciones estructurales	14
3	Metodología	16
3.1	Revisión bibliométrica	16
3.2	Desarrollo y aplicación de cuestionario	17
3.3	Depuración de la información	17
3.4	Análisis descriptivo de la muestra e ítems	18
3.5	Validación de las variables.....	18
3.6	Modelo de ecuaciones estructurales	18
3.7	Análisis de sensibilidad.....	19
4	Resultados	21
4.1	Artículo 1 – Herramientas de LM aplicadas a la mejora continua y su impacto en la sustentabilidad económica.....	22
4.1.1	Análisis descriptivos de la muestra	22
4.1.2	Análisis descriptivo de los ítems	23
4.1.3	Validación de las variables.....	25
4.1.4	Modelo de ecuaciones estructurales	25
4.1.4.1	Validación del modelo	25
4.1.4.2	Validación de hipótesis – Efectos directos	26
4.1.4.3	Suma de efectos indirectos y totales	27
4.1.5	Análisis de sensibilidad.....	28
4.1.6	Conclusiones <i>KAI-GEM-VSM-KPI-ECS</i>	28
4.2	Artículo 2 – Herramientas de Lean Manufacturing aplicadas a la administración de recursos humanos y su impacto en la sustentabilidad social.....	29
4.2.1	Análisis descriptivos de la muestra	29
4.2.2	Análisis descriptivo de los ítems	30
4.2.3	Validación de las variables.....	31
4.2.4	Modelo de ecuaciones estructurales	32
4.2.4.1	Validación del modelo	32
4.2.4.2	Validación de hipótesis – Efectos directos	33
4.2.4.3	Suma de efectos indirectos y totales	34
4.2.5	Análisis de sensibilidad.....	34
4.2.6	Conclusiones del modelo <i>MT-A3-DCT-SS</i>	35
4.3	Artículo 3 – Importancia de la gestión de la calidad total y de hacer las cosas bien a la primera vez para promover la sustentabilidad ambiental	36
4.3.1	Análisis descriptivos de la muestra	37

4.3.2	Análisis descriptivo de los ítems	37
4.3.3	Validación de las variables	38
4.3.4	Modelo de ecuaciones estructurales	38
4.3.4.1	Validación del modelo	39
4.3.4.2	Validación de hipótesis – Efectos directos	40
4.3.4.3	Suma de efectos indirectos y totales	40
4.3.5	Análisis de sensibilidad	41
4.3.6	Conclusiones del modelo <i>TQM-DRFT-ENS</i>	41
4.4	Artículo 4 – Herramientas de LM aplicadas al control de la calidad y su impacto en la sustentabilidad económica (en revisión)	42
4.4.1	Análisis descriptivos de la muestra	42
4.4.2	Análisis descriptivo de los ítems	43
4.4.3	Validación de las variables	44
4.4.4	Modelo de ecuaciones estructurales	45
4.4.4.1	Validación del modelo	45
4.4.4.2	Validación de hipótesis – Efectos directos	46
4.4.4.3	Suma de efectos indirectos y totales	46
4.4.5	Análisis de sensibilidad	48
4.4.6	Conclusiones del modelo <i>PDCA-PYK-TQM-ECS</i>	48
4.5	Otras publicaciones	49
4.5.1	Conferencia internacional	49
4.5.2	Primer capítulo de libro	49
4.5.3	Segundo capítulo de libro	50
4.5.4	Publicaciones en las que participé como coautor	51
5	Productos obtenidos	54
6	Conclusiones generales	55
7	Limitaciones e investigaciones futuras	57
8	Referencias	58
9	Anexos	64

Lista de figuras

Figura 1.1 Casa de Lean Manufacturing	2
Figura 1.2 Resultados obtenidos con la implantación de Lean	3
Figura 1.3 Diagrama de hipótesis propuestas.....	6
Figura 3.1 Diagrama de Flujo Metodología Propuesta	16
Figura 4.1 Artículo publicado en revista JCR del modelo KAI-GEM-VSM-KPI-ECS.....	22
Figura 4.2 Modelo de ecuaciones estructurales del artículo Measuring Impact of Lean Manufacturing Tools for Continuous Improvement on Economic Sustainability	25
Figura 4.3 Resultado del modelo de ecuaciones estructurales del artículo Measuring Impact of Lean Manufacturing Tools for Continuous Improvement on Economic Sustainability.	26
Figura 4.4 Artículo publicado en revista JCR Enfoque UTE del modelo MT – A3 – DCT – SS.	29
Figura 4.5 Modelo de ecuaciones estructurales MT – A3 – DCT – SS	32
Figura 4.6 Resultado del modelo de ecuaciones estructurales MT – A3 – DCT – SS.....	33
Figura 4.7 Artículo aceptado en revista JCR Memoria Investigaciones en Ingeniería del modelo TQM – DRFT – ENS.....	36
Figura 4.8 Modelo de ecuaciones estructurales del modelo TQM – DRFT – ENS.	39
Figura 4.9 Resultados del SEM en WarpPLS (R).....	40
Figura 4.10 Artículo en revisión en revista JCR Facultad de ingeniería del modelo PDCA – PYK – TQM – ECS.....	42
Figura 4.11 Modelo de ecuaciones estructurales del modelo PDCA – PYK – TQM – ECS.....	45
Figura 4.12 Resultado del modelo de ecuaciones estructurales.	46
Figura 4.13 Conferencia internacional publicada en IEOM.....	49
Figura 4.14 Capítulo de libro: One-Piece Flow	50
Figura 4.15 Capítulo de libro: Gemba.....	50
Figura 4.16 Artículo “Relationship between lean manufacturing tools and their sustainable economic benefits” en revista JCR.....	51
Figura 4.17 Artículo “A comparative study of a trans-critical carbon dioxide cycle powered by a single flash geothermal cycle with/without economizer operating modes” en revista ecopetrol	52
Figura 4.18 Artículo “Beneficios de Gestión Visual sobre Justo a Tiempo en la industria maquiladora” en revista CULCYT.....	52
Figura 4.19 Artículo “Influence of government policies, environmental concerns, and attitudes towards solar panel purchase intention” en estatus de revisión en revista JCR.	53

Lista de tablas

Tabla 4.1. Sector industrial y puesto de trabajo del modelo KAI-GEM-VSM-KPI-ECS.....	23
Tabla 4.2. Años de experiencia del modelo KAI-GEM-VSM-KPI-ECS.....	23
Tabla 4.3. Análisis descriptivo de los ítems del modelo KAI-GEM-VSM-KPI-ECS.	24
Tabla 4.4 Validación de variables latentes de LM aplicadas en cuestionario del modelo KAI-GEM-VSM-KPI-ECS.	25
Tabla 4.5. Índices de eficiencia del modelo KAI-GEM-VSM-KPI-ECS.	26
Tabla 4.6 Valores de " β (p-valor)" del modelo de ecuaciones estructurales KAI-GEM-VSM-KPI-ECS.	27
Tabla 4.7. Suma de Efectos Indirectos del modelo KAI-GEM-VSM-KPI-ECS.....	27
Tabla 4.8. Efectos Totales del modelo KAI-GEM-VSM-KPI-ECS.....	27
Tabla 4.9. Análisis de Sensibilidad del modelo KAI-GEM-VSM-KPI-ECS.....	28
Tabla 4.10 Sector industrial y puesto de trabajo del modelo MT – A3 – DCT – SS.	30
Tabla 4.11 Años de experiencia del modelo MT – A3 – DCT – SS.	30
Tabla 4.12 Análisis descriptivo de los ítems del modelo MT – A3 – DCT – SS.....	31
Tabla 4.13 Validación de variables latentes de LM aplicadas en el cuestionario del modelo MT – A3 – DCT – SS.	31
Tabla 4.14 Índices de eficiencia del modelo MT – A3 – DCT – SS.....	33
Tabla 4.15 Resumen de las hipótesis probadas del modelo MT – A3 – DCT – SS.	34
Tabla 4.16 Suma de efectos indirectos del modelo MT – A3 – DCT – SS.....	34
Tabla 4.17 Efectos Totales del modelo MT – A3 – DCT – SS.....	34
Tabla 4.18 Análisis de Sensibilidad del modelo MT – A3 – DCT – SS.	35
Tabla 4.19 Sector industrial y posición del modelo TQM – DRFT – ENS.....	37
Tabla 4.20 Años de experiencia del modelo TQM – DRFT – ENS.....	37
Tabla 4.21 Análisis descriptivos de los ítems del modelo TQM – DRFT – ENS.....	38
Tabla 4.22 Validación de las variables latentes de LM usadas en el cuestionario del modelo TQM – DRFT – ENS.	38
Tabla 4.23 Índices de eficiencia del modelo TQM – DRFT – ENS.....	39
Tabla 4.24 Resumen de las hipótesis probadas del modelo TQM – DRFT – ENS.....	40
Tabla 4.25 Efectos totales del modelo TQM – DRFT – ENS.....	41
Tabla 4.26 Análisis de sensibilidad del modelo TQM – DRFT – ENS.	41
Tabla 4.27 Sector industrial y puesto de trabajo del modelo PDCA – PYK – TQM – ECS.....	43
Tabla 4.28 Años de experiencia del modelo PDCA – PYK – TQM – ECS.....	43
Tabla 4.29 Análisis descriptivo de los ítems del modelo PDCA – PYK – TQM – ECS.	44
Tabla 4.30 Validación de variables latentes de LM aplicadas en el cuestionario del modelo PDCA – PYK – TQM – ECS.....	44
Tabla 4.31 Índices de eficiencia del modelo PDCA – PYK – TQM – ECS.	45
Tabla 4.32 Resumen de las hipótesis probadas del modelo PDCA – PYK – TQM – ECS.....	46
Tabla 4.33 Suma de efectos indirectos del modelo PDCA – PYK – TQM – ECS.	47
Tabla 4.34 Efectos Totales del modelo PDCA – PYK – TQM – ECS.	47
Tabla 4.35 Análisis de Sensibilidad del modelo PDCA – PYK – TQM – ECS.....	48
Tabla 5.1 Productos de investigación.....	54

1 Introducción

1.1 Concepto e historia de LM

Las bases de Lean Manufacturing (LM) se encuentran en la compañía japonesa Toyota y es un sucesor del Toyota *Production System* (TPS). El creador del sistema fue Sakichi Toyoda y sus hijos: Kiichiro Toyoda y Eiji Toyoda, también conocido como Taiichi Ohno. Sakichi Toyoda estaba trabajando en la industria textil, él inventó un telar conducido por motor con un mecanismo especializado que detenía el dispositivo en caso de romperse el hilo, el cual fue pionero en el desarrollo de *Jidoka* (automatización con manufactura humana). En 1922, Kiichiro Toyoda fue a los EE. UU. y se impresionó con el Sistema de Producción de Ford y decidió aplicar las soluciones que aprendió a su regreso. Taiichi Ohno fue ingeniero de manufactura y trabajaba en TPS en 1940 y llevó las mejoras hasta 1980 con los avances en la computación. Actualmente LM no es solo aplicable a la industria automotriz, sino que puede ser aplicada a muchas otras industrias (Durakovic et al., 2018).

LM se esparció rápidamente alrededor del mundo e industrias manufactureras implementan este método para eliminar y minimizar el desperdicio. Actualmente hay iniciativas que combinan la filosofía LM con seis sigma (SS), conocido como filosofía *Lean Six Sigma* (LSS). Básicamente el concepto de LM trata de remover el desperdicio, mientras que SS trata de reducir el error, lo cual tiene un efecto positivo en la innovación (Durakovic et al., 2018).

1.2 Estructura y casa de LM

LM es un sistema que incluye muchas herramientas que inciden principalmente para eliminar el desperdicio al implementar éstas. LM propone un cambio de cultura en la organización de la empresa con un gran nivel de compromiso de los altos directivos que decidan implementarla. En estas circunstancias es difícil hacer un bosquejo simple que refleje pilares variados, elementos, principios, técnicas y métodos que incluye, debido a que no siempre son similares teniendo en cuenta que se incluyen términos y concepciones que cambian según el autor consultado.

Tradicionalmente, se ha utilizado el modelo de la "Casa del Sistema de Producción Toyota" para mostrar con facilidad la filosofía de LM y las herramientas a disposición para su implementación. Se justifica empleando una casa ya que esta representa un sistema estructural robusto siempre y cuando los cimientos y las columnas sean robustos. Un pilar o grupo de herramientas deteriorado debilitaría el sistema completo.

Los avances relativos vinculados a la aplicación de LM, valorados como significativos, se observan en términos de incremento de la productividad (90%), disminución de costos (90%), disminución de los tiempos de producción (89%) y aumento de la flexibilidad (86%). señalan que las mejoras relativas vinculadas a la implementación de LM, valoradas como muy significativas, se observan en términos de incremento de la productividad (90%), disminución de costos (90%), disminución de los tiempos de producción (89%) y aumento de la flexibilidad (86%). Ver Figura 1.2.

La Figura 1.1 muestra una versión actualizada de esta "Casa" (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013), donde se aprecia que existen herramientas de LM que son base, otras que son asociadas a la calidad del producto, al diagnóstico del proceso de producción, otras al flujo de materiales, otras al desarrollo de los recursos humanos, entre otros, aunque todas encaminadas a eliminar desperdicios.

Las herramientas base son aquellas que son los cimientos de la casa de LM, tales como *value stream map* (VSM), 5S, *Single-Minute Exchange of Die* (SMED), *Kanban*, gestión visual y *key performance indicators* (KPI). Otras herramientas base se enfocan a establecer procesos estables y estandarizados, generar una producción nivelada (*Heijunka*) y establecer una filosofía de mejora continua. Otros factores, aunque no se les considera una herramienta, se enfocan en el factor humano y se refieren al compromiso de la dirección, la formación, la comunicación, motivación y liderazgo.

Las herramientas de flujo de materiales son las que se centran a promover la fluidez del material a lo largo de la cadena de suministro, especialmente en el sistema productivo y ahí se encuentran justo a tiempo (*JIT*), tiempo de ciclo de cliente, flujo continuo de una sola pieza y sistema *pull*.

Otras herramientas se enfocan en garantizar la calidad, tales como control total de la calidad (*TQM*), los programas de mejora continua (*Kaizen*). Finalmente, otras herramientas se enfocan a las máquinas y herramientas del sistema productivo, tales como *Jidoka*, *poka-yoke*, mantenimiento productivo total (*TPM*), entre otras.

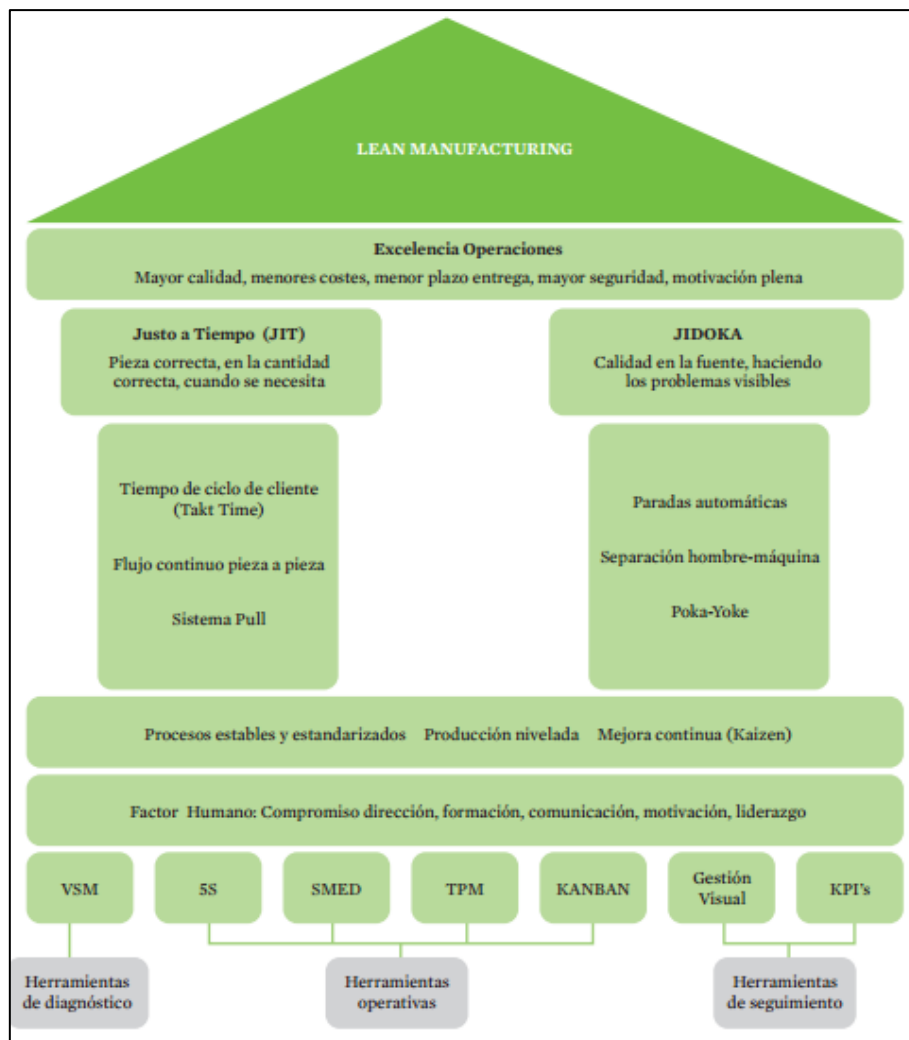


Figura 1.1 Casa de Lean Manufacturing

Los estudios asociados a LM son muy diversos, algunos autores se han enfocado a realizar revisiones de literatura en diferentes sectores industriales (Cagnetti et al., 2021; Driouach et al.,

2019; Yokoyama et al., 2019), otros autores se enfocan en analizar una herramienta en específico, tales como *TQM* (García-Alcaraz, Flor-Montalvo, et al., 2019), la unión con seis sigma (Costa et al., 2018; Yadav et al., 2017), entre muchos otros.

1.3 Beneficios de LM

En la literatura y en diversos foros se señala que el uso de las herramientas de LM ofrece múltiples ventajas y mejoras en una gran variedad de elementos de la empresa. En este contexto, se ha cuestionado si los múltiples beneficios que se sostienen son tan beneficiosos en la práctica. Así se ha cuestionado acerca de aquellos más mencionados, obteniendo como consecuencia general una confirmación de estos.

Estudios específicos, tales como los de Alcaraz et al. (2021) estudian las aplicaciones enfocadas a calidad y lo relacionan con los beneficios comerciales; Sahoo (2020) analizan los beneficios de LM en las industrias pequeñas y medianas de la India; Olaitan et al. (2019) hacen una revisión de ellos beneficios y retos a que se enfrentan los gerentes al implementar LM; García-Alcaraz, Realyvasquez-Vargas, et al. (2019) se enfocan en analizar los factores humanos en JIT, entre otros.

Concretamente, en un reporte obtenido mediante una encuesta, se señala que en su mayoría todos estos beneficios se obtienen de manera uniforme, dependiendo lógicamente de la circunstancia y de la sensibilidad de la empresa. Esta perspectiva indica que, en la mayoría de las situaciones, el uso de herramientas de LM ha producido resultados positivos o muy positivos.

Hernández Matías and Vizán Idoipe (2013) señalan que las mejoras relativas vinculadas a la implementación de LM, valoradas como muy significativas, se observan en términos de incremento de la productividad (90%), disminución de costos (90%), disminución de los tiempos de producción (89%) y aumento de la flexibilidad (86%). Ver Figura 1.2.

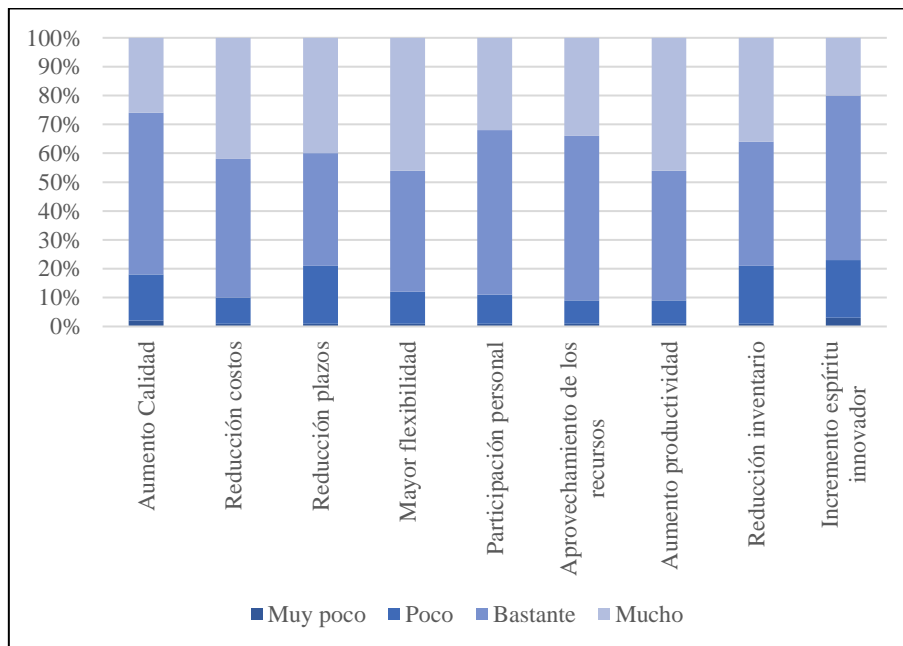


Figura 1.2 Resultados obtenidos con la implantación de Lean

1.4 Problema de investigación

Es ampliamente aceptado que la aplicación de las herramientas de LM ofrece una serie de beneficios que son anhelados por muchos gerentes, por lo que algunos estudios se han enfocado en establecer esa relación, lo que les permite a los gerentes identificar herramientas críticas o vitales para su empresa, de aquellas que no lo son. Por ejemplo, un estudio pionero es el trabajo de Ozelkan et al. (2007), quien ya buscaba relacionar la implementación de LM con los beneficios operativos que reportaban las empresas. Sin embargo, el concepto de LM es muy genérico, sin profundizar en cada una de las herramientas.

Años más tarde, Stoll and Guillard (2009) y Sîrbu and Băișan (2014) se enfocan en relacionar los procesos de implementación de LM con lo que llaman ventajas de LM en el sector biofarmacéutico. Después, Louw (2012) analiza un grupo de herramientas de LM asociadas a la calidad y lo relaciona con los índices de aceptación de sus productos en Sudáfrica. Además, recientemente, otros estudios relacionados con LM se enfocan en conocer su impacto en algún tipo de sustentabilidad en términos generales (Benkarim & Imbeau, 2021; Kumar & Mathiyazhagan, 2020), integrando aspectos sociales (Agrawal & Nath, 2020; Sahoo, 2019), ambiental (Antony et al., 2019; Chen et al., 2020), económicos (Chetthamrongchai & Jermittiparsert, 2019; Kalyar et al., 2019) y no económicos o intangibles (Fullerton & Wempe, 2009).

Ejemplos específicos de esos trabajos, pueden ser los de Ghobakhloo et al. (2018), que muestra un modelo estructural en el que integra siete herramientas para relacionar el éxito de LM, el cual se mide mediante la reducción de desperdicios y excelencia del rendimiento (en términos financieros, de mercado y mejora en el rendimiento operacional en un periodo de tiempo dado. Asimismo, Sartal et al. (2017) integran tres herramientas de LM asociadas al flujo de materiales y lo asocia con el desempeño industrial de las empresas. Por otro lado, Hernández y Vizán (2013) abordan el tema de los beneficios de LM desde la perspectiva del beneficio directo en 9 aspectos.

Sin embargo, todos los estudios anteriores tienden a agrupar o reducir el concepto de LM en un solo grupo de herramientas e ignorando muchas otras. Esos estudios, aunque son interesantes y contribuyen a la generación de conocimiento, son reduccionistas al enfocarse solamente a ciertas herramientas, las cuales son tradicionalmente *Kaizen*, *JIT*, *VSM*, *Kanban*, *SMED* y *TPM*. Aspectos asociados a los factores humanos han sido ignorados en muchos de los estudios.

Además, con los mercados globalizados, actualmente en México se han establecido empresas denominadas maquiladoras, las cuales se definen como filiales de empresas que se encuentran establecidas en otros países y que aprovechan la mano de obra barata y calificada en la región. Actualmente existen 5,138 empresas maquiladoras en México, de las cuales 498 se ubican en el estado de Chihuahua y 326 en Ciudad Juárez, siendo este el principal sector en esta última región (IMMEX, 2021a). Estas empresas generan 2,689,209 empleos directos a nivel nacional, 477,480 a nivel estatal en Chihuahua y 316,619 en Ciudad Juárez, lo que muestra la jerarquía social de esta parte. Sin embargo, el papel económico también es fundamental ya que, a nivel nacional, la industria maquiladora exportó de enero a septiembre de 2020 188,645 millones de dólares, aun así, las empresas de Chihuahua importaron 22,637 millones de dólares, y las de Ciudad Juárez 16,978 millones de dólares (IMMEX, 2021b).

Sin embargo, aun con la importancia económica y social que tienen las empresas maquiladoras en la zona, la implementación de LM y los beneficios que ofrece son pocos o se enfocan en un grupo reducido de herramientas, por lo que se requieren análisis holísticos que

integren la mayoría de las herramientas de LM. Este tipo de análisis permitirán a los gerentes de las empresas maquiladoras tener una visión integral de cómo usar sus recursos para maximizar los beneficios que ofrece LM.

1.5 Objetivo general

Relacionar y cuantificar el nivel de implementación de las herramientas de LM con los beneficios obtenidos por las empresas maquiladoras.

1.5.1 Objetivos específicos

- i. Identificar las actividades que ayudan a conocer el nivel de implementación de las herramientas de LM.
- ii. Identificar los beneficios que se obtienen al aplicar LM en las empresas maquiladoras.
- iii. Construir y aplicar un cuestionario a empresas maquiladoras.
- iv. Generar modelos causales que permitan relacionar las actividades relacionadas con la implementación de LM y asociarlos con los beneficios obtenidos.
- v. Validar los modelos de ecuaciones estructurales.

1.6 Preguntas de investigación

Dados los objetivos que se tienen planteados anteriormente, entonces se plantean las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Cuál es el efecto que tienen las herramientas base de LM en las herramientas del pilar de flujo de materiales?
2. ¿Cuál es el efecto que tienen las herramientas base de LM en las herramientas del pilar de calidad?
3. ¿Cuál es el efecto que tienen las herramientas base de LM en las herramientas del pilar de *HRM*?
4. ¿Cuál es el efecto que tienen las herramientas del pilar de flujo de materiales en los beneficios?
5. ¿Cuál es el efecto que tienen las herramientas del pilar de calidad en los beneficios?
6. ¿Cuál es el efecto que tienen las herramientas del pilar de *HRM* en los beneficios?

1.7 Hipótesis

A cada una de las preguntas corresponde una posible respuesta, por lo que se proponen las siguientes hipótesis.

H₁. Las *Herramientas base* de LM tienen un efecto directo y positivo en la implementación de las herramientas del *Pilar de flujo de materiales*.

H₂. Las *Herramientas base* de LM tienen un efecto directo y positivo en la implementación de las herramientas del *Pilar de calidad*.

H₃. Las *Herramientas base* de LM tienen un efecto directo y positivo en la implementación de las herramientas del *Pilar de HRM*.

H₄. Las herramientas del *Pilar de flujo de materiales* tienen un efecto directo y positivo en los *Beneficios* obtenidos.

H₅. Las herramientas del *Pilar de calidad* tienen un efecto directo y positivo en los *Beneficios* obtenidos.

H₆. Las herramientas del *Pilar de HRM* tienen un efecto directo y positivo en los *Beneficios* obtenidos.

Dichas hipótesis se plantean en la Figura 1.3.

1.8 Limitaciones y delimitaciones

Este proyecto está delimitado por el tipo de industria estudiado a lo largo del desarrollo de éste, enfocándose en el sector maquilador de Ciudad Juárez (*IMM*). Además, se requiere el acceso a la información que provee cada industria y sus empleados, lo que puede ser una limitante, ya que actualmente se encuentra declarada una emergencia mundial. De la misma manera, el tiempo límite para el desarrollo de esta investigación es de 3.5 años.

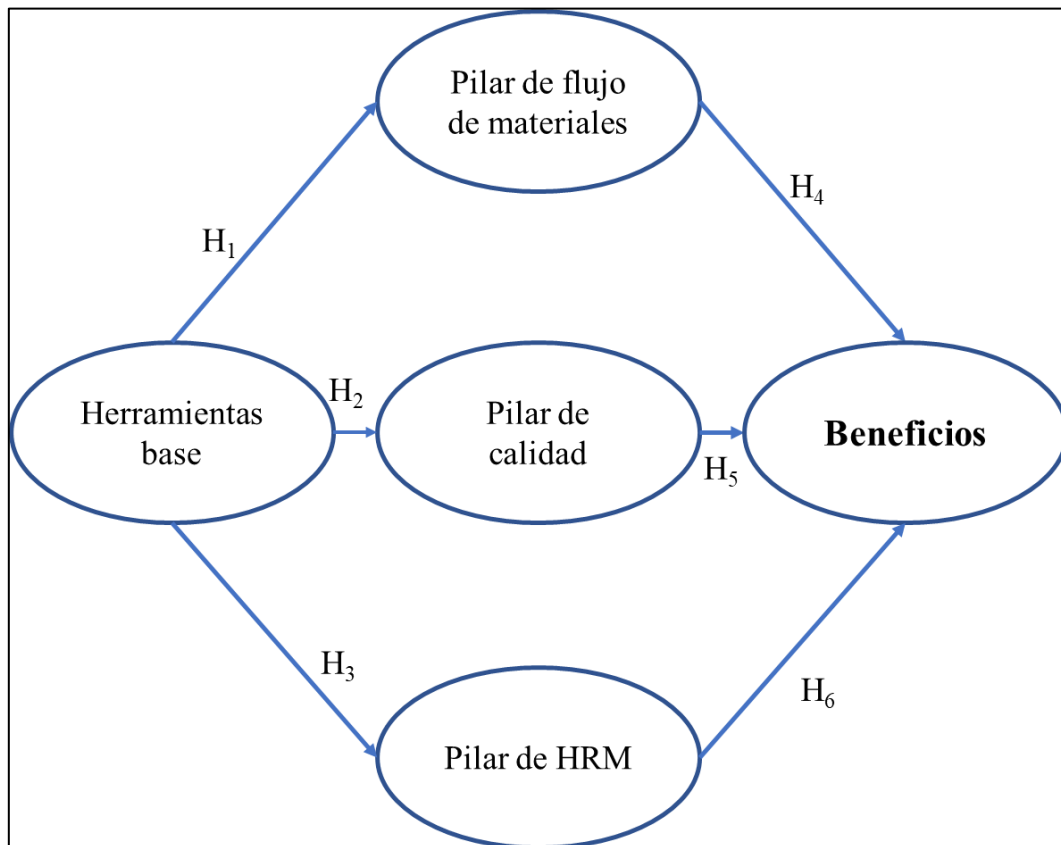


Figura 1.3 Diagrama de hipótesis propuestas

2 Marco teórico

2.1 Marco conceptual

En este apartado se definen los conceptos que se utilizan a lo largo de la investigación, esta cubre tres áreas principales, *Lean Manufacturing* como la filosofía que se busca analizar, la aplicación de cuestionarios y su validación en el ámbito de investigación científica, además de conceptualizar el modelado de ecuaciones estructurales. Esto incluye definir conceptos de herramientas claves dentro de cada uno de los temas principales.

2.1.1 *Lean manufacturing*

Chauhan and Singh (2012) menciona que, en el entorno industrial actual, caracterizado por una competencia sin precedentes y una aguda crisis de recursos, especialmente de energía y materiales, la fabricación ajustada es una palabra clave para el éxito. El concepto de *lean* no es una invención única, sino el resultado de un proceso de aprendizaje dinámico. La consecución de una organización de ingeniería ajustada es el requisito fundamental para garantizar la rentabilidad de la inversión en la fabricación inteligente.

El concepto *Lean* se centra en la reducción del despilfarro y en la maximización o plena utilización de las actividades que añaden valor desde la perspectiva del cliente (Ohno, 1988; Womack et al., 1990). El enfoque *Lean* ofrece un método para determinar el valor, coordinar las acciones que generan valor en la secuencia más adecuada, realizar estas actividades con menos recursos humanos, menos equipo, menos tiempo y menos espacio, mientras se aproxima progresivamente a brindar a los clientes precisamente lo que necesitan. La eliminación de residuos y el *JIT* son los componentes más importantes del rendimiento ajustado. La fabricación ajustada y las prácticas de gestión medioambiental son sinérgicas en cuanto a su enfoque para reducir los residuos y la ineficiencia (Chauhan & Singh, 2012).

2.1.1.1 *Kaizen*

Kaizen (KAI) no es una filosofía nueva, Masaaki Imai en su libro titulado “*Kaizen: The Key to Japanese Competitive Advantage*” hace referencia al término *kaizen* y actualmente su documentación abundante, y existen varios casos de estudio reportando algunos beneficios. Por ejemplo, en un estudio realizado en fábricas japonesas, el *kaizen* provocó un incremento en la motivación y una transformación positiva en la actitud de los trabajadores. Esto sugiere que es viable llevar la filosofía *kaizen* a otras naciones con una cultura distinta a la japonesa. Sin embargo, las compañías deben aplicar los principios fundamentales de *kaizen*, como el énfasis en el cliente, la mejora constante, el reconocimiento abierto del problema, la formación de empleados (García et al., 2014).

Debido a las ventajas reportadas, la filosofía *kaizen* fue implementada por numerosos gerentes de negocios; no obstante, a pesar de su popularidad, las aplicaciones de *kaizen* en las compañías resultaron infructuosas. Por ejemplo, en un sondeo realizado a fabricantes de Estados Unidos, se reportó que el 90% de las 3000 entidades industriales llevaban a cabo proyectos de mejora continua, sin embargo, solo el 10% percibía que estaba alcanzando las metas establecidas (García et al., 2014).

La aplicación de *Kaizen* demanda una transformación de cultura centrada en la mejora constante de los procesos de producción. Es esencial dedicar tiempo en el sector productivo para alcanzar la mejora en los procesos orientada a aumentar la productividad laboral a lo largo del tiempo.

2.1.1.2 *Gemba*

En el ámbito empresarial, *Gemba* (GEM) hace referencia al sitio donde se genera valor. El término se utiliza principalmente en la producción, donde el *Gemba* se refiere al piso de producción. En realidad, *Gemba* puede ser cualquier lugar, como el lugar de trabajo en proyectos de construcción, el piso de venta en una tienda de venta al por menor o cualquier sitio donde el proveedor de servicios se comunique directamente con el cliente.

Gemba se mide a través de 7 pasos, que son los siguientes:

1. Cree una premisa o hipótesis que explique por qué cree que se debe abordar el tema. Un líder de área podría plantear preguntas como: a) “Creo que tenemos un exceso de *WIP* en nuestras áreas de producción y sus alrededores, lo que provoca un tiempo de entrega excesivo en la entrega de productos a nuestros clientes. Vamos a echar un vistazo.”, o b) “Tengo el presentimiento de que nuestro ausentismo y la rotación excesiva de operadores podrían estar contribuyendo a nuestro aumento en los defectos de producción, o c) Vamos a ver qué podemos averiguar.”, o d) “Sospecho que nuestros tableros métricos no están identificando las causas fundamentales de los problemas. Tomemos una hora y revisemos la efectividad de nuestras contramedidas y asignaciones de la tabla métrica”.
2. Formalice una lista de preguntas para revisar durante la sesión *Gemba*. Por ejemplo, aquí hay algunas preguntas que podría hacer cuando se enfoca en el mantenimiento de equipos y herramientas: a) ¿Existe evidencia de un programa formal de auditoría y mantenimiento preventivo?, b) ¿Se encuentra un cronograma y una hoja de seguimiento cerca de las herramientas y equipos críticos? o c) ¿Participan los operadores en el mantenimiento diario de equipos y herramientas? o d) ¿Hemos realizado un análisis de Pareto de nuestro tiempo de inactividad no programado del equipo?
3. Comparta sus experiencias y comentarios mientras recorre el área o el proceso. Asegúrese de mantener los comentarios y ejemplos de refuerzo y constructivos.
4. Tome notas apropiadas y asigne tareas de seguimiento. Utilice un formato de "qué, quién y cuándo" para realizar un seguimiento de las tareas y generar responsabilidad.
5. Establezca con qué frecuencia llevará a cabo sesiones *Gemba* con su equipo. La frecuencia debe basarse en el desarrollo de habilidades deseadas, así como en la gravedad del problema.
6. Transmita sus expectativas y aliente sus informes para realizar sesiones *Gemba* con sus respectivos equipos.
7. Fomente una mentalidad de “entrenar al entrenador” que promueva la importancia de que su empresa sea una organización de aprendizaje.

La aplicación del enfoque *Gemba* requiere *Kaizen* porque las actividades *Kaizen* se implementan a través de la identificación y eliminación de desperdicios en cada momento y para todos en todos los procesos del lugar de trabajo. La caminata *Gemba*, vinculada a *Kaizen*, es una herramienta para asociar los paradigmas *Lean* y *Green* en los procesos productivos, a través del objetivo de eliminación de desperdicios, ya que permite identificar oportunidades de mejora y reducir los residuos (Cherrafi et al., 2019).

Debido a que el enfoque se coloca principalmente en el cambio radical y la innovación, muchas organizaciones no logran mejorar de manera efectiva su desempeño en sustentabilidad, lo que resulta en la degradación final de las mejoras y la regresión a las prácticas anteriores. El uso de *Gemba-Kaizen* como base para la sustentabilidad puede generar resultados sustentables a través de la participación total de la empresa. La idea básica de *Gemba-Kaizen* es que involucra a todos en una organización para realizar mejoras graduales, ordenadas e incrementales sin una gran inversión de capital. Ayuda a aprovechar las fortalezas de los individuos en un esfuerzo colectivo. Además, su implementación se da en iniciativas deliberadas y discretas. Esto brinda a la alta dirección la oportunidad de reflexionar y corregir durante los procesos de implementación. Tal método ayuda a las organizaciones a minimizar el riesgo mientras logran la sostenibilidad.

2.1.1.3 Mapa de flujo de valor

Mapa de flujo de valor (*VSM* por sus siglas en inglés) es un método de producción esbelta que, desde su origen, se ha propagado a diversos sectores industriales y se ha consolidado como el método preferido para respaldar e implementar el enfoque esbelto. *VSM* profundiza en el entendimiento de los sistemas laborales que aportan valor a los clientes y muestra el flujo de trabajo desde el punto de vista del cliente; en consecuencia, el proceso de *VSM* ofrece métodos eficaces para definir estrategias y diseñar el trabajo de manera más eficiente (Romero & Arce, 2017).

El *VSM* es una ilustración gráfica que facilita la determinación de mejoras en el proceso de producción. En otras palabras, establece si cada etapa del proceso de producción aporta valor o no desde la perspectiva del cliente.

Este esquema se establece desde el comienzo del proceso hasta la entrega del producto, eliminando actividades que no agregan valor ya que el cliente no considera el esfuerzo o los recursos destinados a su producción, sino en la satisfacción de todos los estándares de calidad proporcionados. Además, facilita a las empresas la disminución de su inventario, la reducción del tiempo de entrega y la optimización del tiempo productivo.

VSM es un potente instrumento que facilita la visualización y entendimiento del movimiento de material e información a través de la cadena de valor. Se emplea para proporcionar una perspectiva completa de las actividades que participan en el proceso de producción y, en consecuencia, facilita la identificación de las fuentes de los desechos. Por ende, se espera obtener resultados como menor costo de producción, una respuesta más rápida al cliente y una mayor calidad de los productos al implementar *VSM* en un proceso de producción.

Tanto para la realización de un *VSM* actual y un estado futuro se requiere ir al área productiva para identificar las actividades que agregan y que no agregan valor para completar el mapa (Lacerda et al., 2016).

A través de un *VSM* actual se puede buscar la mejora hacia un estado futuro, para reducir los desperdicios que no agregan valor, para aumentar la productividad del sistema (Lacerda et al., 2016).

2.1.1.4 Indicador de rendimiento clave

Los indicadores clave de rendimiento (*KPI* por sus siglas en inglés) son medidas cuantificables que reflejan los factores críticos de éxito de una empresa, mismos que son aplicados a las unidades

de negocio y sus divisiones, departamentos y empleados, por lo que son el corazón del sistema de medición y soporte para la toma de decisiones. Los *KPI* tienen el propósito de medir cambios en un proceso productivo y deben estar claramente definidos, ser accesibles y transparentes, por lo que se utilizan para identificar un rendimiento deficiente y el potencial de mejora.

Los *KPI* son importantes para monitorear el desempeño en la industria y pueden referirse al desempeño por uso de energía, materiales, control y operación, mantenimiento, etc. Las acciones para mejorar el desempeño se pueden desarrollar, priorizar e implementar en función de la medida del *KPI*.

La implementación de LM ha sido trabajada a través de ciertos métricos como Lacerda et al. (2016) lo menciona en su trabajo:

- La empresa dispone de indicadores para medir su rendimiento.
- Las métricas se revisan en períodos preestablecidos.
- Las métricas evalúan los factores relevantes o críticos para la empresa.

Para la medida de los indicadores clave de rendimiento se requiere analizar tanto el estado actual del sistema y esto solo se logra yendo al área productiva directamente, una vez midiendo el indicador se busca mejorar hasta el objetivo definido (Nastasia & Mironeasa, 2019). Las métricas lean son muy importantes a la hora de analizar el flujo de valor y tomar decisiones con respecto a un sistema de producción. El uso de estas métricas en *VSM* es esencial para identificar y eliminar actividades sin valor agregado (Lacerda et al., 2016).

2.1.1.5 Planear-Hacer-Verificar-Actuar

El ciclo Planear-Hacer-Verificar-Actuar (*PDCA* por sus siglas en inglés) es una herramienta de LM que se centra en la mejora y el control de la calidad de los productos mediante la mejora continua y la resolución de problemas y consta de cuatro fases. La primera es Planear, en la que se identifican las oportunidades de mejora, se asignan prioridades, se analiza la situación actual del proceso y se propone un plan de acción. La segunda fase es Hacer, en la que se aplica el plan de acción, se selecciona y documenta la información y se aprenden los imprevistos y las lecciones. La tercera es Verificar, en la que se analizan los resultados de la aplicación del plan de acción comparando el rendimiento antes y después de las acciones. Por último, la cuarta etapa es la de Actuar, que se centra en normalizar las mejoras que han alcanzado el objetivo (Realyvásquez-Vargas et al., 2018).

Los informes sobre la aplicación del *PDCA* en la manufactura son extensos. Por ejemplo, un análisis de los impactos ambientales de la reducción del consumo de agua, la reducción de costos y el crecimiento sustentable (de Oliveira Santos et al., 2020); una aplicación de *PDCA* combinada con *SEM* para gestionar proyectos de infraestructuras sostenibles en la industria china (Liu et al., 2020); la aplicación de *PDCA* para resolver problemas en la producción de marcos de excavadoras soldadas cuando hubo un aumento en la demanda de los clientes, buscando la sostenibilidad del proceso de producción, y reportaron un aumento del 10.67% en el rendimiento de la eficiencia (Milosevic et al., 2021).

Para determinar el nivel de implantación del ciclo *PDCA* en la industria manufacturera, se investiga si se identifican las oportunidades de mejora de la calidad y se les da prioridad, si se supervisa el proceso de producción en tiempo real, si se almacenan los datos de los proyectos de mejora para futuras consultas y, sobre todo, si se elabora el plan de acción.

2.1.1.6 Poka-Yoke

Poka-Yoke (PYK) es una herramienta de calidad dentro de la LM que incluye el uso de dispositivos dentro del área de producción que buscan la autonomía para eliminar errores humanos y defectos en el producto (Chiu et al., 2020). Una de las ventajas del uso de PYK es que no requiere pasos adicionales dentro del proceso; por sí mismo, el diseño de la estación debe incluirlo y sólo debe asegurar que el operario lo utilice adecuadamente o no lo retire.

Existen varios informes de aplicaciones de PYK en la literatura. Por ejemplo, un informe indica que es una herramienta de apoyo para los operarios y reduce los residuos, los reprocesos y el consumo de energía (García-Alcaraz et al., 2022). Una aplicación de la gestión de proyectos a través de Lean Six Sigma en la industria manufacturera, en la que la PYK sirvió de apoyo para garantizar los beneficios de la calidad y reducir las repeticiones de trabajo que implicaban residuos y consumo de energía (Krishnan et al., 2020).

El nivel de implementación de PYK en la industria se mide a través del buen funcionamiento de los dispositivos a prueba de errores cuando se utilizan para prevenirlos o controlarlos o para apoyar la decisión de aceptar o rechazar un producto, y si están autorizados a detener el proceso de producción al detectar cualquier error para iniciar la búsqueda de medidas correctivas inmediatas. Además, se investiga el uso de sonidos, luces o señales de advertencia para informar de la aparición de cualquier error.

2.1.1.7 Gestión de la calidad total

Gestión de la calidad total (*TQM* por sus siglas en inglés) es una metodología que ha sido ampliamente utilizada para obtener una ventaja competitiva en el mercado y como filosofía de gestión de la calidad, que se centra en la mejora de los procesos productivos para facilitar y satisfacer las necesidades de los clientes; además, *TQM* es responsable de lograr la sustentabilidad en las empresas (Alharbi et al., 2016).

La aplicación de *TQM* en la industria ha sido ampliamente analizada. Por ejemplo, el análisis de *TQM*, *JIT* y las prácticas de la cadena de suministro verde para garantizar la sustentabilidad del medio ambiente a través de *SEM* en las empresas estadounidenses, un informe de 14 de las principales barreras humanas y operativas para la aplicación de *TQM* en la industria india y su relación con la sustentabilidad, mientras que concluye que el uso de *TQM* tiene un efecto positivo y significativo sobre la sustentabilidad corporativa en las tres dimensiones (Abbas, 2020; Green et al., 2018; Kumar et al., 2020).

En esta investigación, la implementación de *TQM* en la industria se evalúa a través de la implicación de la dirección en la promoción de la mejora continua en todas las operaciones, incluyendo el concepto de calidad total en toda la cadena de suministro, y si las decisiones de mejora se justifican con hechos y datos en tiempo real del proceso productivo.

2.1.1.8 Grupos de trabajo multifuncionales

Grupos de trabajo multifuncionales (*MWG* por sus siglas en inglés) es un enfoque que implica la formación cruzada de expertos de diversas especialidades para resolver problemas, lo que les permite adaptarse al entorno de la línea de producción y realizar tareas significativas, proporcionando el apoyo necesario. En la bibliografía se han publicado casos de *MWG*; por ejemplo, Schretlen et al. (2021) aplican las herramientas de *Lean Six Sigma* para realizar entregas seguras, puntuales, eficaces y eficientes, centrando sus esfuerzos en la resolución de problemas.

2.1.1.9 Solución de problemas A3

La solución de problemas A3 (A3) es una herramienta de LM útil para la solución de problemas que nos permite encontrar las causas raíz de los problemas, los planes de acción para implementar las mejoras encontradas y las métricas de evaluación. En un entorno LM, la aplicación de A3 implica un informe de una sola página con información de fondo, un diagrama de la situación actual, la condición objetivo y el análisis de la causa raíz, siguiendo el ciclo *PDCA* para la solución de problemas estándar. *MWG*, un enfoque estructurado, combina diversos conocimientos para abordar problemas complejos, lo que aumenta su eficacia con A3 (Daly et al., 2021).

2.1.1.10 Descentralización

Descentralización (DCT) es una estrategia organizativa que permite la toma de decisiones autónoma entre subsistemas, promoviendo la autoorganización y la flexibilidad. DCT utiliza el aprendizaje profundo y el aprendizaje automático para la toma rápida de decisiones, facilitando una organización sin fisuras y productos personalizados.

2.1.1.11 Hacer las cosas bien a la primera

Hacer las cosas bien a la primera (*DRFT* por sus siglas en inglés) hace hincapié en la corrección de los procesos de producción e identifica los problemas causados por errores humanos para proponer estrategias de mejora. Se originó con Philip B. Crosby e incluía el lema de "cero defectos" y la *DRFT* (Bigelow, 2002). En la actualidad, la *DRFT* se utiliza habitualmente en el ámbito médico y sanitario y en los procesos de fabricación de la Industria 4.0 para evitar el despilfarro, pero también se emplea para reducir el número de accidentes (García Alcaraz et al., 2021).

2.1.2 Sustentabilidad económica

La sostenibilidad económica (*ECS* por sus siglas en inglés) alude a las acciones que apoyan el desarrollo económico a largo plazo sin perjudicar los elementos sociales, medioambientales y culturales de la comunidad.

El desarrollo sostenible busca satisfacer las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. El desarrollo sustentable a nivel organizacional se mide utilizando el triple resultado final que divide el desempeño en las dimensiones económica, ambiental y social; sin embargo, la visión actual de desarrollo sustentable es que se requiere un buen desempeño económico para permitir el enfoque en temas ambientales y sociales (Isaksson, 2005).

Los factores económicos involucran indicadores relacionados con el empleo, el aumento de las ventas, la estabilidad de los ingresos y la rentabilidad.

Serrano Lasa (2007) muestra los beneficios económicos de la implementación de *VSM* en los sistemas productivos, a través del rediseño comenzando por la valoración del proceso actual y el mapeo mediante cinco pasos.

La economía se enfoca en la preservación de los recursos, y este término se emplea para determinar y aclarar el valor actual de los recursos y su potencial valor a largo plazo. Por ejemplo,

se puede describir el valor utilizando indicadores como el valor añadido, activos y deudas, ahorros, patentes y activos intangibles.

2.1.3 Sustentabilidad social

La sustentabilidad social (*SOS* por sus siglas en inglés) es un enfoque de gestión que integra consideraciones sociales en las prácticas empresariales para garantizar el bienestar de los empleados, el trato equitativo y los impactos sociales positivos, promoviendo la justicia social y mejorando la calidad de vida en general, incluidos los derechos de los trabajadores y las condiciones laborales. El A3 ofrece numerosas ventajas, entre ellas identificar y abordar los problemas de *SOS* dentro de las organizaciones centrándose en la seguridad en el lugar de trabajo, la justicia social y el impacto medioambiental (Tasdemir & Gazo, 2019).

2.1.4 Sustentabilidad ambiental

La sustentabilidad incluye factores ambientales, sociales y económicos y ha sido reportada en la literatura. Por ejemplo, Caldera et al. (2019) presentan un modelo para guiar a las pequeñas y medianas empresas (PYME) a implementar la LM y lograr la sustentabilidad empresarial. Asimismo, de Sousa Jabbour et al. (2020) indicaron que el desempeño ambiental y social está influenciado por factores internos y externos asociados con la *GCT*. Estos factores incluyen los sistemas de fabricación ecológicos, las tecnologías de la información ecológicas y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que los convierte en inversiones valiosas para las organizaciones.

Hoy en día, con el impulso hacia la sostenibilidad, las empresas están adoptando prácticas ecológicas. Esto requiere ajustes externos, y las pymes necesitan apoyo e incentivos gubernamentales. Henao et al. (2019) indican que LM apoya los programas ecológicos internos. Otros estudios informan que la LM y las prácticas verdes difieren en esencia, lo que lleva a diferentes impactos en el rendimiento. LM debe analizarse como una filosofía completa en lugar del impacto en el rendimiento operativo para evitar estos resultados contradictorios.

2.1.5 Diseño y validación de cuestionarios

Un cuestionario es una herramienta para obtener información de los encuestados. Es una forma eficaz de recopilar datos, el investigador debe estar seguro de lo que se necesita y de cómo medir las variables de interés. Como primer paso, siempre se recomienda hacer una búsqueda bibliográfica de cuestionarios validados utilizados anteriormente que puedan administrarse en entornos similares y captar variables que sean de interés según la hipótesis del estudio. No es necesario comprobar la fiabilidad de estos cuestionarios y los resultados pueden compararse en diferentes estudios, así como combinarse en metaanálisis. Sin embargo, hay que asegurarse de que el modo de administración sea similar al del cuestionario original (Kazi & Khalid, 2012).

Patel and Joseph (2016) proponen el siguiente flujo para el diseño de un cuestionario:

1. Determinar el contenido de cada pregunta;
2. Determinar la estructura de la respuesta;
3. Desarrollar la escritura de cada pregunta;
4. Establecer la secuencia de las preguntas;
5. Piloto y revisión;

6. Cuestionario final;
7. Traducción a idiomas requeridos;
8. Validación del cuestionario traducido.

Normalmente, los datos se manejan como una escala de intervalos. Al emplear este método para establecer la puntuación total de cada participante en cada ítem, es crucial emplear un proceso de puntuación consistente, de tal forma que una puntuación elevada o baja represente de manera sistemática una respuesta positiva o negativa. Para lograrlo, las categorías atribuidas a las declaraciones negativas realizadas por los participantes en la encuesta deben ser puntuadas invirtiendo la escala. Considere que para una declaración negativa, un acuerdo simboliza una reacción adversa, mientras que para una declaración positiva, el acuerdo simboliza una reacción positiva. Por lo tanto, una respuesta que "totalmente concuerda" con una afirmación positiva y una que "totalmente discrepa" con una afirmación negativa recibirían ambas una calificación de cinco (Patel & Joseph, 2016).

2.1.6 Análisis descriptivo de los ítems

El análisis descriptivo define el mundo o un suceso; detecta patrones en la información para dar respuesta a interrogantes acerca de quién, qué, dónde, cuándo y en qué grado. Un adecuado análisis descriptivo expone lo que conocemos acerca de habilidades, requerimientos, técnicas, prácticas, políticas, poblaciones y contextos de forma que resulta pertinente para un estudio particular o una cuestión política. Durante la fase de análisis de datos, los investigadores utilizan métodos analíticos y estadísticos para descubrir patrones observables en los datos. A veces, los investigadores revisan los datos con la expectativa de que exista un determinado patrón. Otras veces, los patrones surgen de una exploración más general de los datos. Para que sean significativos, los patrones deben ser importantes, no sólo estar presentes. Los volcados de datos, los cuadros de mando multiuso y las tablas genéricas de estadísticas resumidas no constituyen análisis descriptivos sólidos (Loeb et al., 2017).

2.1.7 Modelado de ecuaciones estructurales

El Modelo de Ecuaciones estructurales (*SEM* por sus siglas en inglés), según menciona R et al. (2020), es una técnica de modelización basada en la estadística que se utiliza para examinar la relación entre constructos y variables latentes que tienden a formar un sistema. También se utiliza para analizar la relación entre las iniciativas de mejora y los resultados de rendimiento de un sistema. El *SEM* comprende un conjunto de herramientas matemáticas, métodos estadísticos y algoritmos informáticos para realizar las operaciones de *PLS*, análisis de trayectorias, análisis factorial confirmatorio, modelización de trayectorias y modelización de crecimiento latente para obtener las relaciones entre variables. Debido a su eficacia y flexibilidad para determinar los resultados de múltiples dependencias en un solo análisis, los profesionales e investigadores prefieren el *SEM* a otros métodos estadísticos (Asis et al., 2020). El *SEM* puede considerarse una teoría que establece la explicación y la coherencia de una forma estadística que refleja el escenario real. El *SEM* utiliza dos clases de variables: las endógenas y las exógenas. Las variables endógenas y exógenas corresponden a la categoría dependiente e independiente, respectivamente. El *SEM* incluye dos tipos de modelos: el modelo de medición y el modelo estructural. El modelo de medición describe el hecho que especifica cómo las variables latentes medidas representan la teoría establecida. El modelo estructural delinea las relaciones entre los diferentes constructos del

sistema. Dado que el *SEM* analiza las relaciones casuales entre los constructos y las variables, también se denomina modelo casual.

El presente estudio utiliza la aplicación del *SEM* basado en *PLS* para derivar las relaciones entre los constructos y las variables latentes. El *SEM* basado en *PLS* proporciona una mayor consistencia y fiabilidad del modelo en comparación con el *SEM* basado en el análisis de trayectorias (*PA* por sus siglas en inglés) y el *SEM* basado en el análisis de factores críticos (*CFA* por sus siglas en inglés), ya que permite aproximar modelos complejos de relación causa-efecto con variables latentes en los que las entradas se recogen en base a una encuesta o a la decisión del individuo (R et al., 2020; Vinodh & P, 2020). Se utilizó el módulo de software WarpPLS® 7.0 para crear el modelo estructural y el modelo de medición y para analizar las relaciones entre los constructos para inferir los resultados (Kock, 2019a). A partir de los datos de entrada, se desarrolla el modelo estructurado y se formulan las hipótesis de investigación que se asemejan a los enunciados teóricos. Se comprueba la fiabilidad y la validez del modelo estructural desarrollado calculando las medidas de prueba que incluyen la fiabilidad compuesta, el alfa de Cronbach y la varianza media extraída.

Dos métodos populares dominan el *SEM* en la práctica: el *SEM* basado en la covarianza (*CBSEM* por sus siglas en inglés) y el *SEM* por mínimos cuadrados parciales (*PLS-SEM* por sus siglas en inglés). El *CBSEM* se utiliza principalmente para confirmar o rechazar teorías y sus hipótesis subyacentes. Este enfoque confirma o rechaza hipótesis determinando en qué medida un modelo teórico propuesto puede reproducir la matriz de covarianza de un conjunto de datos de muestra observados. En cambio, el *PLS* se ha introducido como un enfoque «causal-predictivo» del *SEM*, que se centra en explicar la varianza de las variables dependientes del modelo. El *PLS-SEM* está evolucionando rápidamente como técnica de modelización estadística. En las últimas décadas, se han publicado numerosos artículos introductorios sobre esta metodología, así como artículos de revisión en los que se examina cómo la han utilizado investigadores de distintas disciplinas. Teniendo en cuenta la creciente maduración del campo, los investigadores también han comenzado a explorar la infraestructura de conocimientos de la investigación metodológica sobre *PLS-SEM* mediante el análisis de las estructuras de autores, países y redes de citación conjunta (Hair Jr et al., 2021).

El análisis de sensibilidad es la herramienta que permite calibrar en qué medida la inferencia derivada de un modelo depende de los supuestos y parámetros que lo alimentan. El análisis de sensibilidad aborda la disyuntiva entre la exhaustividad del modelo y su interpretabilidad, es decir, cuándo la complejidad de un modelo está justificada por la calidad de los datos que lo alimentan, y muchas otras aplicaciones relacionadas con la calidad de los modelos. Así pues, el análisis de sensibilidad podría considerarse la hermenéutica de la modelización matemática, para discernir el significado que encierra el modelo bajo su formalismo matemático y algorítmico (Saltelli et al., 2021).

3 Metodología

En este capítulo se menciona la metodología aplicada en el desarrollo de esta investigación, la cual consta de 7 pasos que se siguieron durante el análisis e implementación del proyecto de tesis.

Para clarificar la metodología propuesta se presenta la Figura 3.1 que muestra los pasos que se siguieron durante el desarrollo del proyecto de investigación. Y mencionar que en las secciones posteriores se detalla cada una de las etapas.

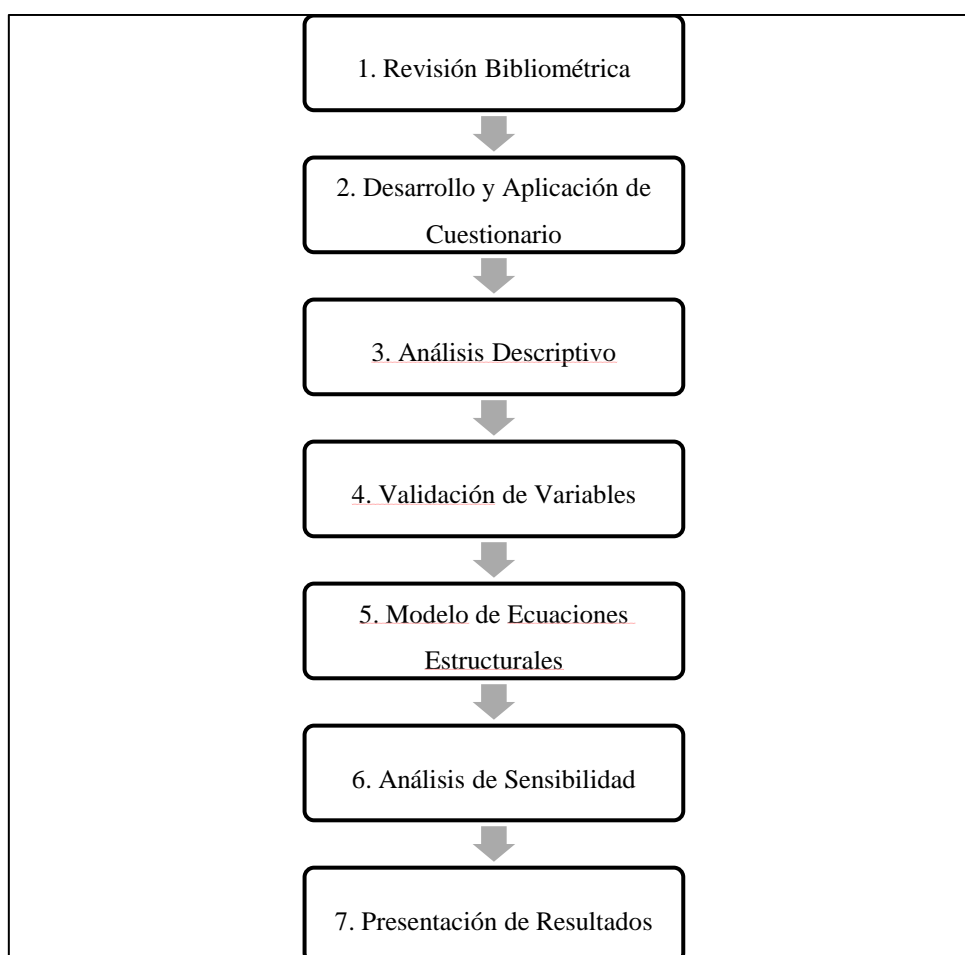


Figura 3.1 Diagrama de Flujo Metodología Propuesta

3.1 Revisión bibliométrica

Donthu et al. (2021) dice que la metodología bibliométrica engloba la aplicación de técnicas cuantitativas sobre datos bibliométricos. Los primeros debates sobre la bibliometría comenzaron en la década de 1950, lo que sugiere que la metodología bibliométrica no es nueva. Sin embargo, la proliferación de la bibliometría es bastante reciente, como se observa a través de su crecimiento en los campos de "negocios, gestión y contabilidad", "economía, econometría y finanzas" y "ciencias sociales" en *Scopus*. En concreto, las publicaciones que utilizan la bibliometría han crecido a lo largo de los años, con una media de 1021 publicaciones en la última década, lo que puede atribuirse al crecimiento de la propia investigación científica. Sin embargo, los grandes conjuntos de datos bibliográficos han hecho que los métodos clásicos de revisión sean engorrosos y poco prácticos. Cabe destacar que la aparición de bases de datos científicas como *Scopus* y *Web*

of Science ha hecho que la adquisición de grandes volúmenes de datos bibliométricos sea relativamente fácil, y los programas informáticos bibliométricos como *Gephi*, *Leximancer* y *VOSviewer* permiten el análisis de dichos datos de forma muy pragmática, lo que ha aumentado el interés de los académicos por el análisis bibliométrico en los últimos tiempos. La aplicación de la bibliometría va desde el estudio de los patrones de publicación a los de colaboración y la exploración de la estructura intelectual del campo de investigación.

3.2 Desarrollo y aplicación de cuestionario

Se realizó una revisión de literatura para identificar investigaciones previas en relación con las LMT y los beneficios que éstas generan, lo que representa una validación racional. Se identificaron ítems para cada una de las LMT que indican el nivel de implementación de éstas, así como los principales índices asociados a la sustentabilidad de la empresa.

Se generó un primer borrador del cuestionario con las LMT y los beneficios que ofrecen. Sin embargo, dado que no se encontraron cuestionarios previos aplicados a la industria maquiladora que traten ese tema de manera completa, se realizó una validación por jueces, donde con gerentes y académicos regionales que ayudaron a dar una mejor adaptación al entorno y contexto del estudio. La versión final se compone de tres secciones, la primera enfocada a aspectos demográficos como género, años de experiencia del encuestado, número de empleados y subsector industrial. La segunda sección se enfoca en las LMT, donde se tienen ítems para cada una de las herramientas y así poder medir el nivel de implementación de éstas en la industria y la tercera sección contiene los beneficios, divididos en aspectos asociados a operacionales y de productividad, ambientales, económicos y sociales.

El cuestionario debe ser respondido en una escala *Likert* de cinco puntos, donde uno señala que no se lleva a cabo la actividad o que no se obtiene el beneficio, mientras que cinco señala que siempre se lleva a cabo la actividad o que siempre se logra el beneficio. Los valores intermedios se emplean en valoraciones de manera casi constante, habitualmente y casi siempre.

Dadas las restricciones de acceso a las empresas maquiladoras debido a la contingencia por *COVID-19*, se integró el cuestionario a una plataforma electrónica especializada, donde se obliga a los encuestados a dar respuesta a todas las preguntas para evitar valores perdidos. Los posibles encuestados deben estar laborando en la industria maquiladora, poseer al menos dos años de experiencia y pertenecer a algún departamento asociado a la producción para garantizar el conocimiento de las LMT y de los beneficios obtenidos.

Se envió un correo electrónico a los posibles encuestados, invitándoles a participar en la investigación y se añade un enlace electrónico de acceso al cuestionario. Si después de dos semanas no se obtiene una respuesta, se envía un segundo correo y si nuevamente no se responde a éste, ese caso es omitido. La plataforma permaneció abierta para recibir respuestas de los encuestados desde el diciembre de 2021 a diciembre de 2022.

3.3 Depuración de la información

Se descargó una base de datos en formato Excel de la plataforma especializada que contiene el cuestionario, misma que después se analizó en el software especializado *SPSS V.25®*, donde la depuración se enfoca en dos actividades:

1. Identificación de valores extremos, para lo cual se estandariza cada ítem, donde valores mayores a 4 en valor absoluto serán considerados atípicos y reemplazados por la mediana en dicho ítem (Hoffman, 2019).
2. Identificación de encuestados no comprometidos, para lo cual se obtendrá la desviación estándar de cada uno de los casos respondidos, considerando solo ítems de la segunda y tercera sección y eliminando aquellos que tienen un valor menor a 0.5 (Kock, 2019a).

3.4 Análisis descriptivo de la muestra e ítems

Para caracterizar la muestra, se elaboraron tablas cruzadas con la información demográfica con el objetivo de definir su carácter y detallar los ítems. La mediana se obtiene como indicador de tendencia central, ya que los datos se recolectan en una escala ordinal. Los valores elevados señalan que la actividad siempre se realiza o que se consigue el beneficio sustentable, mientras que los valores bajos señalan que la actividad no se lleva a cabo o que el beneficio no se obtiene. Además, se calcula el rango intercuartílico como indicador de dispersión, en el que valores elevados señalan un consenso bajo entre los participantes respecto al valor medio del ítem, mientras que valores bajos señalan un consenso entre los participantes (Nick, 2007).

3.5 Validación de las variables

Antes de integrar las variables latentes al *SEM*, se realizó el proceso de validación de cada una de ellas mediante la estimación de los siguientes índices (Kock, 2018).

- R^2 , y R^2 ajustada para medir la validez predictiva paramétrica y se requiere que el valor de éstas sea mayor a 0.02.
- Índice de confiabilidad compuesta y alfa de Cronbach para medir la validez interna y se aceptarán valores mayores a 0.6, dado que este es un estudio exploratorio en el sector maquilador.
- Promedio de varianza extraída para medir la validez convergente y se aceptan valores mayores a 0.5.
- Q cuadrada para medir la validez predictiva no paramétrica y se requieren valores similares a los de R^2 .
- Índices de inflación de la varianza para medir la colinealidad al interior de cada variable latente y si aceptan valores menores a 5.

3.6 Modelo de ecuaciones estructurales

Para validar las hipótesis planteadas se elige la técnica de Modelado de Ecuaciones Estructurales (*SEM* por sus siglas en inglés) basada en mínimos cuadrados parciales (*PLS* por sus siglas en inglés) integrada en el software WarpPLS v.7.0®, dado que ha sido aplicada en análisis similares por García-Alcaraz et al. (2017) para analizar el impacto de *ICT* en el desempeño de la cadena de suministro y por Avelar-Sosa et al. (2018) para modelar el efecto de las prácticas de manufactura y tiempo de entrega, además de ser recomendado cuando las respuestas están en escala ordinal, muestras pequeñas y no se tienen distribuciones normales en los ítems (Kock, 2019b).

Se analizaron los siguientes índices de eficiencia y calidad del mismo antes de su interpretación, considerando un nivel de confianza del 95% (Kock, 2019a):

- *Average path coefficient (APC)* para medir de manera general la significancia de los índices de regresión del modelo y donde el p-valor asociado debe ser menor a 0.05.
- *Average R-squared (ARS)* y *Average adjusted R-squared (AARS)* para medir la validez predictiva del modelo en las variables latentes dependientes y el p-valor asociado debe ser menor a 0.05.
- *Average block VIF (AVIF)* y *Average full collinearity VIF (AFVIF)* para medir la colinealidad entre las variables latentes y debe ser menor a 5.
- *Tenenhaus GoF (GoF)* para medir el ajuste de los datos al modelo y debe ser mayor a 0.36.

En los modelos validados, se interpretan tres tipos de efectos en las relaciones planteadas. Los efectos directos sirven para validar las hipótesis, obteniendo un valor estandarizado β como medida de la dependencia entre una variable latente independiente y otra dependiente. Se contrasta la hipótesis nula H_0 de que $\beta=0$ versus la hipótesis alternativa H_1 de que $\beta \neq 0$. Si se comprueba estadísticamente con un nivel de confianza del 95% que $\beta=0$, entonces se concluye que no existe una relación directa entre las dos variables; sin embargo, si se comprueba que $\beta \neq 0$ entonces se concluye que existe una relación entre las mismas, independientemente del signo de β (Farooq et al., 2018).

También se estiman los efectos indirectos entre las variables latentes independientes y dependientes, los cuales se dan a través de variables mediadoras y pueden ser de dos segmentos o más. Igualmente, se estiman valores de β y se realizan las pruebas estadísticas al 95% de confianza. La interpretación de efectos indirectos es especialmente interesante cuando los directos han sido estadísticamente no significativos.

Finalmente, se estiman los efectos totales, que son la suma de los efectos directos e indirectos e igualmente se estima un valor de β . Asimismo, a cada efecto (directo, indirecto y total) se le asocia un tamaño del efecto como medida de la varianza explicada por la variable independiente en la variable dependiente. La suma de los tamaños de los efectos en las variables dependientes es igual al valor de R^2 .

3.7 Análisis de sensibilidad

WarpPLS v.7® realiza sus operaciones con valores estandarizados y permite obtener la probabilidad de ocurrencia de las variables de manera aislada, conjunta y condicional en diferentes niveles de estas. En esta investigación se considerará que una variable tiene una probabilidad de ocurrencia alta si el valor estandarizado Z es mayor a 1, $[P(Z>1)]$ o baja si el valor estandarizado es menor a -1 $[P(Z<-1)]$.

Las probabilidades conjuntas por estimar son las siguientes:

- $P(Z_i>1) \wedge P(Z_d>1)$
- $P(Z_i>1) \wedge P(Z_d<-1)$
- $P(Z_i<-1) \wedge P(Z_d>1)$
- $P(Z_i<-1) \wedge P(Z_d<-1)$

mientras que para las probabilidades condicionales serán:

- $P(Z_d>1) / P(Z_i>1)$
- $P(Z_d>1) / P(Z_i<-1)$

- $P(Z_d < -1) / P(Z_i > 1)$
- $P(Z_d < -1) / P(Z_i < -1)$.

$P(Z_d)$ representa la probabilidad de una variable latente dependiente estandarizada y $P(Z_i)$ para una variable latente independiente. Explicar un ejemplo de su interpretación.

4 Resultados

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos durante el desarrollo de este proyecto, donde se obtuvieron diferentes publicaciones, entre las que se encuentran tres artículos *JCR*, de los cuáles tres se encuentran publicados, además, se tiene 1 artículo en revisión en una revista *JCR*.

También, se participó en colaboración con estudiantes investigadores compañeros del DOCIA e investigadores locales e internacionales en la publicación de dos artículos *JCR* como coautor, dos capítulos de libro como primer autor y un artículo en Culcyt como coautor, en estatus de publicado y un artículo *JCR* como coautor en revisión. A continuación, se muestran los resultados de los artículos enviados a revistas *JCR* para su presentación.

4.1 Artículo 1 – Herramientas de LM aplicadas a la mejora continua y su impacto en la sustentabilidad económica

Este documento se ha publicado en la revista *Journal of Systems Science and Systems Engineering* la cual tiene un factor de impacto de 1.2 en el *Journal Citation Report (JCR)* y se encuentra dentro del cuartil 3 (Q3) (Figuroa et al., 2023) y puede consultarse como:

Figuroa, L.J.M., García-Alcaraz, J.L., Osman, A.I. *et al.* Measuring Impact of Lean Manufacturing Tools for Continuous Improvement on Economic Sustainability. *J. Syst. Sci. Syst. Eng.* **33**, 452–474 (2024). <https://doi.org/10.1007/s11518-023-5588-2>

La Figura 4.1 ilustra el documento en la plataforma de la editorial, este modelo analiza las variables independientes *kaizen* (KAI), *gemba* (GEM), mapa de flujo de valor (*VSM* por sus siglas en inglés), indicadores clave de rendimiento (*KPI* por sus siglas en inglés) y la variable de respuesta es la sustentabilidad económica (*ECS* por sus siglas en inglés).



Home > Journal of Systems Science and Systems Engineering > Article

Measuring Impact of Lean Manufacturing Tools for Continuous Improvement on Economic Sustainability

Published: 29 December 2023
Volume 33, pages 452–474, (2024) [Cite this article](#)

Luis Javier Márquez Figuroa, Jorge Luis García-Alcaraz, Ahmed I. Osman ✉, Alfonso Jesús Gil López, Yashar Aryanfar, Mika Sillanpää & Mamdouh El Haj Assad

426 Accesses 2 Citations [Explore all metrics](#) →

Abstract

Using Lean Manufacturing (LM) tools in production processes is crucial for companies' economic, environmental, and social sustainability success. This study shows a structural equation model (SEM) that shows the relationship between LM Tools like Kaizen (KAI), Gemba (GEM), Value Stream Mapping (VSM) and Key Performance Indicator (KPI) with Economic Sustainability (ECS). Seven hypotheses were evaluated with data from 179 responses to a questionnaire about the Mexican maquiladora industry, showing that these variables are linked. At a 95% confidence level, the model was evaluated using the partial least squares method. The findings indicate that the relationships between KAI and GEM and KAI and VSM have the strongest relationship, followed by VSM and ECS; however, VSM has the strongest effect on ECS. Based on these findings, it is recommended that managers adopt a continuous improvement (KAI) approach based on working directly on the shop floor (GEM and VSM) to support their decisions regarding economic growth (ECS).

Figura 4.1 Artículo publicado en revista JCR del modelo KAI-GEM-VSM-KPI-ECS.

A continuación, se resumen los detalles más importantes de ese artículo.

4.1.1 Análisis descriptivos de la muestra

Después de depurar la base de datos, se obtuvieron 179 encuestas válidas de diferentes compañías establecidas en Ciudad Juárez (México). La Tabla 4.1 ilustra el análisis descriptivo, indicando el sector industrial y la posición del encuestado. Se observa que las industrias automotrices representan el 39.11% de participación, y los sectores de la industria electrónica y médica

representan el 24.58%; los demás sectores tienen el 36.31%. En cuanto al puesto de trabajo, los ingenieros representan el 35.20%, seguido por los supervisores que representan el 20.67%.

Tabla 4.1. Sector industrial y puesto de trabajo del modelo KAI-GEM-VSM-KPI-ECS.

Sector industrial	Puesto de Trabajo					% Total
	Gerente	Ingeniero	Supervisor	Técnico	Otro	
Automotriz	12	22	12	14	10	39.11%
Aeronáutica		2	1			1.68%
Eléctrico	1	3	3			3.91%
Electrónica	2	11	7	3	1	13.41%
Logística		5	2	1	1	5.03%
Maquinado	1	3	2	2	2	5.59%
Médica	3	4	5	3	5	11.17%
Caucho y plásticos		4	1	1		3.35%
Textiles y ropa		2				1.12%
Otro	2	7	4	4	11	15.64%
% Total	11.73%	35.20%	20.67%	15.64%	16.76%	100%

En la Tabla 4.2 se muestran los años de experiencia en el puesto y el género. Los resultados indican que el 40.78% de los encuestados tenían dos a cinco años de experiencia, seguidos por el 19.55% de los encuestados con más de diez años y el 18.99% tenían de cinco a diez años. En cuanto al género femenino participaron con un 43.58%, mientras que el género masculino participó con un 56.42%.

Tabla 4.2. Años de experiencia del modelo KAI-GEM-VSM-KPI-ECS.

Sexo	Años de Experiencia					% Total
	0 a 1	1 a 2	2 a 5	5 a 10	Más de 10	
Femenino	8	9	33	13	15	43.58%
Masculino	2	18	40	21	20	56.42%
% Total	5.59%	15.08%	40.78%	18.99%	19.55%	100%

4.1.2 Análisis descriptivo de los ítems

En la Tabla 4.3 se muestran la mediana y el rango intercuartílico de los ítems analizados en las variables latentes, donde se ilustran los acrónimos. La segunda columna muestra la mediana, como se observa todos los ítems tienen valores iguales o mayores a 4.0, esto indica, basado en la percepción de los encuestados, estas actividades son esenciales y se desarrollan frecuentemente en la compañía.

Tabla 4.3. Análisis descriptivo de los ítems del modelo KAI-GEM-VSM-KPI-ECS.

Ítems	Mediana	Rango intercuartílico
KAI (Kaizen)		
¿La gerencia pasa tiempo en el área de trabajo?	4.02	1.570
¿Se modifican constantemente los procesos en el área productiva?	4.09	1.589
¿Han implementado mejoras en los procesos que estas actualmente?	4.30	1.343
El porcentaje de desperdicio anual muestra una tendencia a la baja.	4.00	1.711
La productividad laboral muestra un incremento en la tendencia.	4.12	1.552
GEM (Gemba)		
¿La gerencia pregunta sobre cómo funciona el trabajo?	4.37	1.289
¿Se cuestionan como opera la maquinaria y preguntan la opinión de los operarios para mejorar el proceso?	4.37	1.390
¿Se hacen mejoras continuas de acuerdo con las propuestas de los trabajadores?	4.31	1.369
VSM (Value Stream Map)		
Están disponibles mapas indicando el flujo de los materiales, información, operaciones, entre otros.	4.20	1.628
Se identifican actividades que no agregan valor al producto y se motiva a eliminarlas.	4.11	1.690
Un mapa de flujo preciso describe las actividades que se desarrollan y se analiza para crear un mapa de flujo objetivo.	4.25	1.385
KPI (Key Performance Indicator)		
La compañía tiene métricos para medir su rendimiento.	4.48	1.110
Los métricos se revisan en periodos preestablecidos.	4.39	1.229
Los métricos evalúan los factores importantes o críticos para la compañía.	4.44	1.162
ECS (Economic Sustainability)		
Disminuyen los costos de energía.	4.35	1.255
Reducción en los costos de retrabajos y rechazos.	4.28	1.345
Disminución en los costos de tratamiento de agua.	4.34	1.281
Reducción de sanciones por temas medioambientales.	4.38	1.290

4.1.3 Validación de las variables

Se evalúa las herramientas de LM por lo cual se obtiene Tabla 4.4 donde se muestra un resumen de los valores finales para cada herramienta de LM. Según la validación realizada en WarpPLS®, todos los elementos de la tabla se encuentran dentro del valor objetivo.

Tabla 4.4 Validación de variables latentes de LM aplicadas en cuestionario del modelo KAI-GEM-VSM-KPI-ECS.

Índice	Kaizen	Gemba	VSM	KPI	ECS	Valor objetivo
R ²		0.376	0.512	0.303	0.339	>= 0.2
R ² ajustada		0.372	0.506	0.295	0.332	>=0.2
Confiabilidad compuesta	0.889	0.931	0.925	0.913	0.905	>=0.7
Alpha de Cronbach	0.844	0.889	0.877	0.856	0.859	>=0.7
Promedio de varianza extraída	0.617	0.818	0.804	0.777	0.704	>=0.5
Colinealidad	2.152	1.820	2.082	1.425	1.439	<=3.3
Q ²		0.374	0.512	0.304	0.337	>=0.2

4.1.4 Modelo de ecuaciones estructurales

En la Figura 4.2 se plantea el modelo de ecuaciones estructurales que ilustra las hipótesis planteadas en el artículo publicado para analizar la relación entre las herramientas base de LM con la ECS. A continuación, se muestran los resultados obtenidos al analizar este modelo de ecuaciones estructurales.

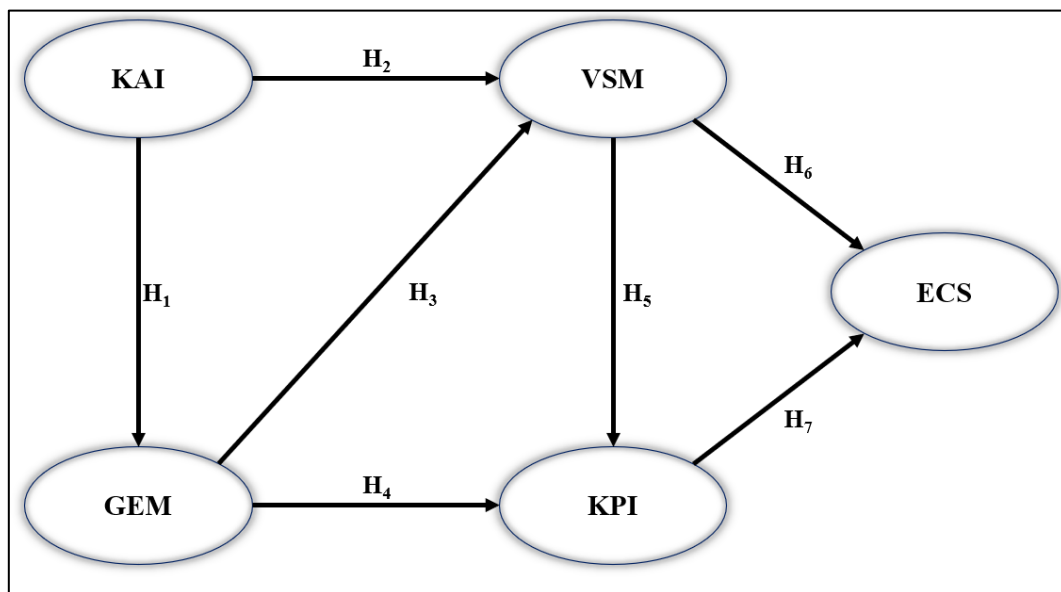


Figura 4.2 Modelo de ecuaciones estructurales del artículo Measuring Impact of Lean Manufacturing Tools for Continuous Improvement on Economic Sustainability

4.1.4.1 Validación del modelo

En la Tabla 4.5 se muestran los índices de eficiencia del modelo, donde según el software WarpPLS®. Se observa que los índices se encuentran dentro del rango indicado y en algunos casos explicados en la tabla se encuentran en el ideal o en el rango de los mejores índices para explicarse con el modelo de ecuaciones estructurales propuesto.

Tabla 4.5. Índices de eficiencia del modelo KAI-GEM-VSM-KPI-ECS.

Índice	Resultados	Valor objetivo
Coefficiente promedio del flujo	0.384	P<0.001
R ² promedio	0.382	P<0.001
Promedio ajustado de R ²	0.376	P<0.001
Promedio de bloques de factor de inflación de varianza	1.512	Ideal <=3.3
Promedio de colinealidad completa de factor de inflación de varianza	1.783	Ideal <=3.3
Tenenhau Bondad de Ajuste	0..533	Mejor si >=0.36

En la Figura 4.3 se muestra un resumen de los principales resultados al correr el modelo de ecuaciones estructurales en WarpPLS®, donde en general se observa el p-valor es menor a 0.001, lo cual muestra que es significativo a un 99% de confianza. Se muestran también los valores de R², lo cual significa que este modelo explica la ECS con R² = 0.339 o 33.9%. GEM a 37.6%, VSM en 51.2%, KPI a 30.3%.

4.1.4.2 Validación de hipótesis – Efectos directos

Para probar la validación de las hipótesis propuestas se evalúa el valor de “β”, se muestra el resumen de los valores en la Tabla 4.6. Se muestran los resultados de efectos directos entre las variables latentes indicando el p-valor. De acuerdo con los valores de P para cada β estimada, se concluye que todas las relaciones probadas deben ser aceptadas.

En la Tabla 4.6 se muestran todas las hipótesis y por ejemplo para H1: hay suficiente evidencia estadística para declarar que KAI tiene un efecto directo y positivo en la implementación de GEM, cuando KAI incrementa su desviación estándar por una unidad, GEM sube 0.613 unidades.

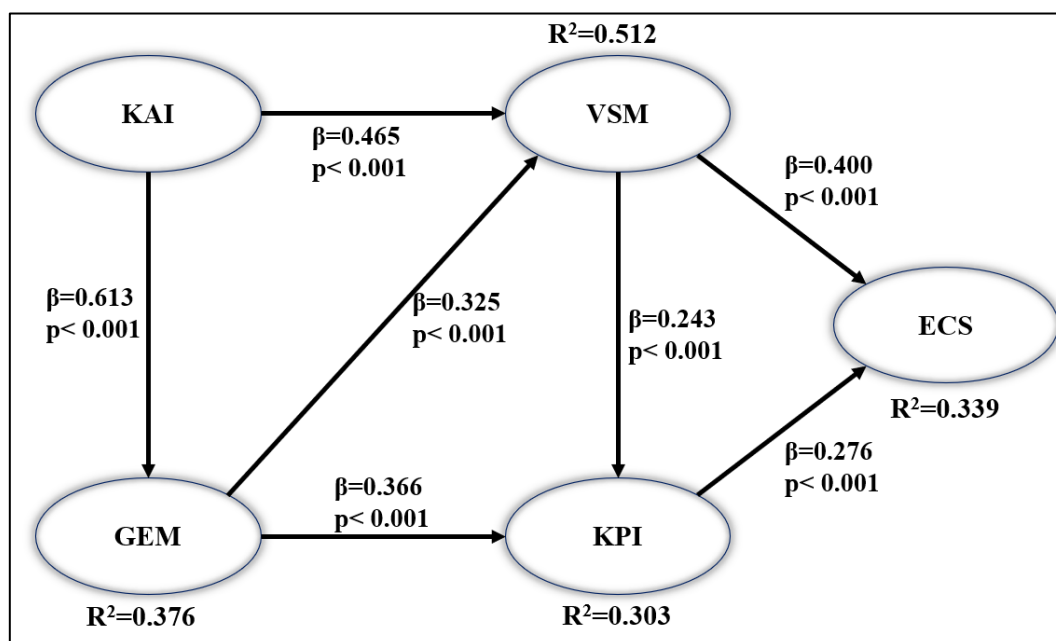


Figura 4.3 Resultado del modelo de ecuaciones estructurales del artículo Measuring Impact of Lean Manufacturing Tools for Continuous Improvement on Economic Sustainability.

Se muestran los resultados de efectos directos entre las variables latentes indicando el p-valor. De acuerdo con los valores de P para cada β estimada, se concluye que todas las relaciones probadas deben ser aceptadas. En la Tabla 4.6 se muestran todas las hipótesis y por ejemplo para H1: hay suficiente evidencia estadística para declarar que *KAI* tiene un efecto directo y positivo en la implementación de *GEM*, cuando *KAI* incrementa su desviación estándar por una unidad, *GEM* sube 0.613 unidades.

Tabla 4.6 Valores de " β (p-valor)" del modelo de ecuaciones estructurales *KAI-GEM-VSM-KPI-ECS*.

H _i	Variables independientes → dependientes	B (p-valor)	Decisión
H1	<i>Kaizen</i> → <i>Gemba</i>	0.613 (<0.001)	Aceptar
H2	<i>Kaizen</i> → <i>VSM</i>	0.465 (<0.001)	Aceptar
H3	<i>Gemba</i> → <i>VSM</i>	0.325 (<0.001)	Aceptar
H4	<i>Gemba</i> → <i>KPI</i>	0.366 (<0.001)	Aceptar
H5	<i>VSM</i> → <i>KPI</i>	0.243 (<0.001)	Aceptar
H6	<i>VSM</i> → <i>ECS</i>	0.400 (<0.001)	Aceptar
H7	<i>KPI</i> → <i>ECS</i>	0.276 (<0.001)	Aceptar

4.1.4.3 Suma de efectos indirectos y totales

En la Tabla 4.7 se muestra el resumen de los efectos indirectos de las variables dentro del modelo. Cuatro relaciones del modelo se pueden explicar a través de sus efectos indirectos, como es *VSM*, *KPI* y *ECS* con *KAI*, respectivamente, y *ECS* con *GEM*, donde se muestran valores de B mayores a 0.079 y un p-valor menor que 0.001 con lo que se concluye que tienen relación indirecta entre estas variables, sin embargo la relación indirecta de *KPI* con *GEM* y *ECS* con *VSM* no son significativas al 95%, ya que cada una cuenta con un valor de B igual a 0.079 y 0.067, respectivamente, además de un p-valor igual a 0.065 y 0.100 respectivamente, con esto se concluye que no hay efectos indirectos entre estas variables. Sin embargo, los efectos directos y totales que se muestran a continuación muestran que si existe relación significativa.

Tabla 4.7. Suma de Efectos Indirectos del modelo *KAI-GEM-VSM-KPI-ECS*.

	<i>KAI</i> (B; p-valor)	<i>GEM</i> (B; p-valor)	<i>VSM</i> (B; p-valor)
<i>VSM</i>	0.199; p<0.001		
<i>KPI</i>	0.386; p<0.001	0.079; p 0.065	
<i>ECS</i>	0.372; p<0.001	0.253; p<0.001	0.067; p 0.100

En la Tabla 4.8 se muestran los efectos totales de las variables, aunque en la suma de efectos indirectos no había significancia estadística entre dos de las variables, al tener el efecto total se encuentran que el efecto total entre cada una de las variables tiene un B mayor que 0.243 y un p-valor menor que 0.001. Con esto se concluye que el efecto total entre estas variables es significativo.

Tabla 4.8. Efectos Totales del modelo *KAI-GEM-VSM-KPI-ECS*.

	<i>KAI</i> (B; p-valor)	<i>GEM</i> (B; p-valor)	<i>VSM</i> (B; p-valor)	<i>KPI</i> (B; p-valor)
<i>GEM</i>	0.613; p<0.001			
<i>VSM</i>	0.664; p<0.001	0.325; p<0.001		
<i>KPI</i>	0.386; p<0.001	0.445; p<0.001	0.243; p<0.001	
<i>ECS</i>	0.372; p<0.001	0.253; p<0.001	0.467; p<0.001	0.276; p<0.001

4.1.5 Análisis de sensibilidad

La Tabla 4.9 muestra el análisis de sensibilidad para todas las relaciones del modelo. Las columnas representan las variables independientes y las filas las variables dependientes. En este caso, el signo “+” representa escenarios positivos a nivel alto de la herramienta, y el signo “-” representa niveles bajos de implementación. Por ejemplo, las probabilidades de obtener un *GEM+* dado un *KAI+* es de 0.622, lo que significa que una buena implementación de *KAI* garantiza en un 62.2% la probabilidad de obtener un *GEM* a nivel alto. Además, niveles bajos de implementación de *KAI* llevan a tener niveles bajos de implementación de *GEM*, dado que la probabilidad es de 0.556 lo que equivale a un 55.6% y es un riesgo para la gerencia en la industria.

Tabla 4.9. Análisis de Sensibilidad del modelo *KAI-GEM-VSM-KPI-ECS*.

Nivel		Kaizen+	Kaizen-	Gemba+	Gemba-	VSM+	VSM-	KPI+	KPI-
	Probs	0.21	0.15	0.30	0.15	0.25	0.19	0.36	0.13
Gemba+	0.30	& = 0.13 If = 0.62	& = 0.01 If = 0.04						
Gemba-	0.15	& = 0.00 If = 0.00	& = 0.08 If = 0.56						
VSM+	0.25	& = 0.13 If = 0.65	& = 0.00 If = 0.00	& = 0.17 If = 0.56	& = 0.01 If = 0.07				
VSM-	0.19	& = 0.00 If = 0.00	& = 0.10 If = 0.67	& = 0.02 If = 0.06	& = 0.10 If = 0.63				
KPI+	0.36	& = 0.14 If = 0.68	& = 0.03 If = 0.19	& = 0.20 If = 0.67	& = 0.03 If = 0.19	& = 0.16 If = 0.62	& = 0.03 If = 0.18		
KPI-	0.13	& = 0.01 If = 0.03	& = 0.06 If = 0.37	& = 0.01 If = 0.02	& = 0.05 If = 0.30	& = 0.01 If = 0.04	& = 0.05 If = 0.27		
ECS+	0.25	& = 0.12 If = 0.57	& = 0.02 If = 0.15	& = 0.15 If = 0.48	& = 0.02 If = 0.11	& = 0.14 If = 0.56	& = 0.02 If = 0.12	& = 0.13 If = 0.38	& = 0.02 If = 0.13
ECS-	0.13	& = 0.00 If = 0.00	& = 0.05 If = 0.33	& = 0.01 If = 0.04	& = 0.40 If = 0.26	& = 0.01 If = 0.02	& = 0.07 If = 0.35	& = 0.02 If = 0.06	& = 0.03 If = 0.26

4.1.6 Conclusiones *KAI-GEM-VSM-KPI-ECS*

La mala implementación de estos programas de mejora continua o un *KAI* mal implementado es un riesgo para la implementación de las caminatas *GEM*, dificultando que la gerencia en la industria manufacturera mexicana tenga información y conocimiento de los problemas reales en las líneas de producción sobre las actividades que agregan o no agregan valor (*VSM*). Esto puede llevarlos a utilizar parámetros o índices erróneos en la planeación de los objetivos de la compañía (*KPI*) y a tomar decisiones equivocadas debido a estos objetivos mal establecidos, poniendo en riesgo los ingresos financieros de la industria (*ECS*) (Figueroa et al., 2023).

4.2 Artículo 2 – Herramientas de Lean Manufacturing aplicadas a la administración de recursos humanos y su impacto en la sustentabilidad social

Este documento se ha publicado en la revista Enfoque UTE de Quito, Ecuador, la cual tiene un factor de impacto de 0.13 en el Journal Citation Report (JCR) y se encuentra dentro del cuartil 4 (Q4) (Marquez Figueroa et al., 2023) y puede ser identificado como:

Marquez Figueroa, L. J., Garcia Alcaraz, J. L., Diaz Reza, J. R. ., & Gil López , A. J. . (2023). Lean Manufacturing Tools Applied to Human Resource Management and its Impact on Social Sustainability. *Enfoque UTE*, 14(4), 44–52. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.993>

La Figura 4.4 ilustra el artículo en la plataforma de la editorial, este modelo analiza las variables independientes equipos multifuncionales (*MT* por sus siglas en inglés), solución de problemas A3 (A3), descentralización (DCT) y la variable de respuesta es la sustentabilidad social (SS).



Figura 4.4 Artículo publicado en revista JCR Enfoque UTE del modelo MT – A3 – DCT – SS.

A continuación, se resumen los detalles más importantes de ese artículo.

4.2.1 Análisis descriptivos de la muestra

Como parte de la investigación se analizan las respuestas obtenidas basadas en el sector industrial y en el puesto de trabajo de los encuestados. Las respuestas obtenidas son 411 de un total de 1611 correos enviados, lo cual representa un 25.51% de las posibles respuestas. En la Tabla 4.10 se

muestra el sector industrial y la posición de trabajo de los encuestados. Se observa que el puesto de trabajo más frecuente es el de ingenieros, con un total de 243. Y el sector industrial con más participación en esta encuesta es el automotriz con 148.

Tabla 4.10 Sector industrial y puesto de trabajo del modelo MT – A3 – DCT – SS.

Sector Industrial	Posición					Total
	Gerente	Ingeniero	Supervisor	Técnico	Otro	
Automotriz	20	60	19	19	30	148
Aeronáutica	2	2	1	0	0	5
Eléctrico	1	9	3	2	1	16
Electrónica	7	24	10	7	8	56
Logística	1	6	2	2	4	15
Maquinado	2	3	2	4	2	13
Médica	5	30	10	14	13	72
Caucho y plásticos	0	5	2	1	0	8
Textiles y ropa	0	2	0	0	1	3
Otro	12	15	11	9	28	75
Total	50	156	60	58	87	411

En la Tabla 4.11 se muestran los años de experiencia, así como el género que se reportó en las 411 respuestas. Un total de 177 mujeres respondieron la encuesta, de las cuales 68 de ellas cuentan con una antigüedad de 2 a 5 años dentro del puesto de trabajo. Por el lado de los hombres, un total de 234 respondieron la encuesta, y de igual manera, el mayor número de hombres cuentan con una experiencia de 2 a 5 años, con 71 encuestados. Los dos conjuntos más grandes de los encuestados se encuentran de 2 a 5 años y en 5 a 10 años de experiencia, lo que indica que la información viene de gente que realmente tiene conocimiento de las implementaciones de LMT.

Tabla 4.11 Años de experiencia del modelo MT – A3 – DCT – SS.

Sexo	Años de experiencia					Total
	0 a 1	1 a 2	2 a 5	5 a 10	Más de 10	
Femenino	16	22	68	42	29	177
Masculino	7	38	71	61	57	234
Total	23	60	139	103	86	411

4.2.2 Análisis descriptivo de los ítems

La Tabla 4.12 muestra un análisis descriptivo de los ítems usados en las variables latentes. Se puede observar que la mediana es mayor o igual que 3.817 para cada uno de los ítems, lo cual significa que, para los encuestados, la implementación de herramientas como MT, A3, DCT y SS siempre ofrecen beneficios. Dentro del tema de SS, se encuentra “Mejora en la salud de los empleados” y es el ítem que cuenta con la mayor mediana, y el ítem con la mayor mediana se encuentra dentro del tema de DCT “Poder financiero se delega a diferentes niveles”.

Tabla 4.12 Análisis descriptivo de los ítems del modelo MT – A3 – DCT – SS.

Ítems	Mediana	IQR
MT		
La formación dual de los empleados es un rasgo común.	4.093	1.519
La capacitación de los trabajadores es suficiente.	4.019	1.379
Los proyectos se concluyen con la aprobación de especialistas de diferentes campos.	4.149	1.412
El principio del círculo de calidad se aplica de manera integral.	4.102	1.454
A3		
La elaboración de informes se lleva a cabo en una única página, que incluye texto e imágenes, esquemas y gráficos que mejoran y esclarecen los datos.	4.158	1.504
Principalmente, la elaboración del informe se fundamenta en el PDCA.	4.094	1.487
El reporte incluye datos fundamentales, una ilustración de la situación presente, el estado objetivo y un estudio de la causa principal.	4.173	1.468
Se lleva a cabo un monitoreo/auditoría, se analizan los resultados del plan de auditoría y, en caso de ser necesario, se sugiere cómo los informes A3 subsiguientes se transformarán en trabajo estándar.	4.229	1.435
DCT		
También se otorgan autoridad y responsabilidad a niveles más bajos.	4.027	1.514
También se delega la autoridad financiera a diferentes niveles.	3.817	1.729
La carga laboral se reparte de manera equitativa en los diferentes niveles y se organiza.	3.924	1.617
Se transmite y divulga la autoridad y la responsabilidad.	4.013	1.505
SS		
Mejora de la salud de los empleados.	4.232	1.464
Mejora de las relaciones laborales.	4.206	1.446
Mejora de la moral.	4.167	1.467
Optimización de la salud y la protección de la comunidad.	4.159	1.481

4.2.3 Validación de las variables

Los principales índices para la validación de las variables latentes en el SEM propuesto en este trabajo se muestran en la Tabla 4.13.

Tabla 4.13 Validación de variables latentes de LM aplicadas en el cuestionario del modelo MT – A3 – DCT – SS.

Índice	SS	A3	MT	DCT	Valor objetivo
R^2	0.542	0.483		0.576	≥ 0.2
R^2 ajustada	0.539	0.482		0.574	≥ 0.2
Confiabilidad compuesta	0.957	0.954	0.927	0.930	≥ 0.7
Alfa de Cronbach	0.940	0.936	0.894	0.900	≥ 0.7
Promedio de varianza extraída	0.847	0.839	0.760	0.770	≥ 0.5
Colinealidad (VIF)	2.187	2.148	2.655	2.602	≤ 3.3
Q^2	0.542	0.483		0.577	≥ 0.2

Donde todos los índices analizados se encuentran dentro de los parámetros aceptados. Esto quiere decir que en validez paramétrica el valor de R^2 y R^2 ajustado se encuentran para cada una de las variables latentes por encima de lo mejor 0.2, con valores iguales o mayores a 0.482. Asimismo, en valores internos para Alfa de Cronbach y confiabilidad compuesta se encuentran por arriba de 0.7, con valores mayores o iguales que 0.894. También el promedio de varianza

extraída se encuentra por arriba del mejor valor que es 0.5 con valores mayores o iguales que 0.760 para cada una de las variables latentes. La validez predictiva no paramétrica Q^2 se encuentra arriba de 0.2, con valores mayores o iguales a 0.483 para cada una de las variables latentes. Por el tema de colinealidad total se encuentran los valores menores o iguales que 2.655 siendo menores que el ideal, que pide menor o igual que 3.3.

4.2.4 Modelo de ecuaciones estructurales

En la Figura 4.5 se plantea el modelo de ecuaciones estructurales que trabaja con las hipótesis planteadas en el artículo publicado para analizar la relación entre las herramientas enfocadas a la administración del recurso humano de LM con la Sustentabilidad Social. A continuación, se muestran los resultados obtenidos al analizar este modelo de ecuaciones estructurales.

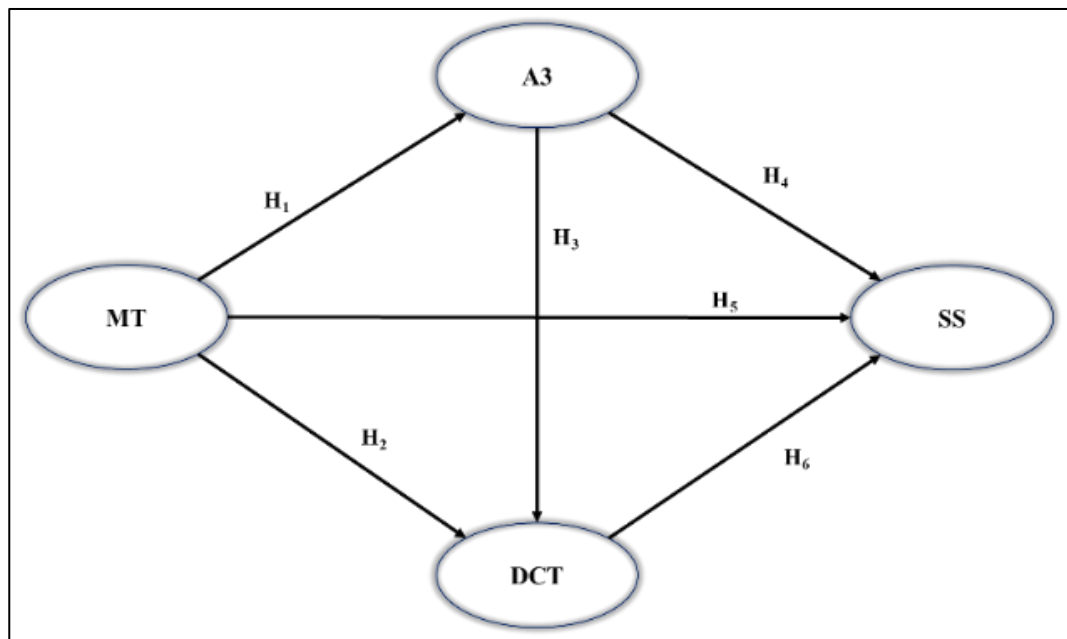


Figura 4.5 Modelo de ecuaciones estructurales MT – A3 – DCT – SS

Agrandar figura, y mejorar resolución.

4.2.4.1 Validación del modelo

En la Tabla 4.14 se muestran los índices de eficiencia del modelo creado. Donde se observa que para los valores que requieren un p-valor menor que 0.05, como el APC, ARS y AARS tienen un p-valor menor que 0.001, esto quiere decir que el modelo tiene validez predictiva. Para el valor AVIF y AFVIF se requieren valores menores o iguales que 3.3 y en este caso se tienen menores o iguales que 2.207, lo que indica que el modelo no tiene problemas de colinealidad. En el ajuste de bondad se pide un valor mayor o igual que 0.36 y para este modelo se ha obtenido un valor de 0.655, lo cual indica que se tiene un ajuste de bondad adecuado.

Tabla 4.14 Índices de eficiencia del modelo MT – A3 – DCT – SS.

Índice	Resultados	Valor objetivo
Coefficiente promedio del flujo	0.389, $p < 0.001$	$p < 0.05$
R^2 promedio	0.534, $p < 0.001$	$p < 0.05$
Promedio ajustado de R^2	0.532, $p < 0.001$	$p < 0.05$
Promedio de bloques de factor de inflación de varianza	2.207	Ideal ≤ 3.3
Promedio de colinealidad completa de factor de inflación de varianza	2.398	Ideal ≤ 3.3
Tenenhaus Bondad de Ajuste	0.655	Mejor si ≥ 0.36

En la Figura 4.6 se muestran los resultados obtenidos al correr el modelo en el software. Para todas las relaciones del modelo el p-valor asociado a cada una de las relaciones es menor que 0.001 lo que indica a un 99.9% de confianza que los valores que se indican en estas relaciones existen. Para los valores de R^2 para las variables dependientes como SS es de 54%, para A3 es de 48% y para DCT es de 58%.

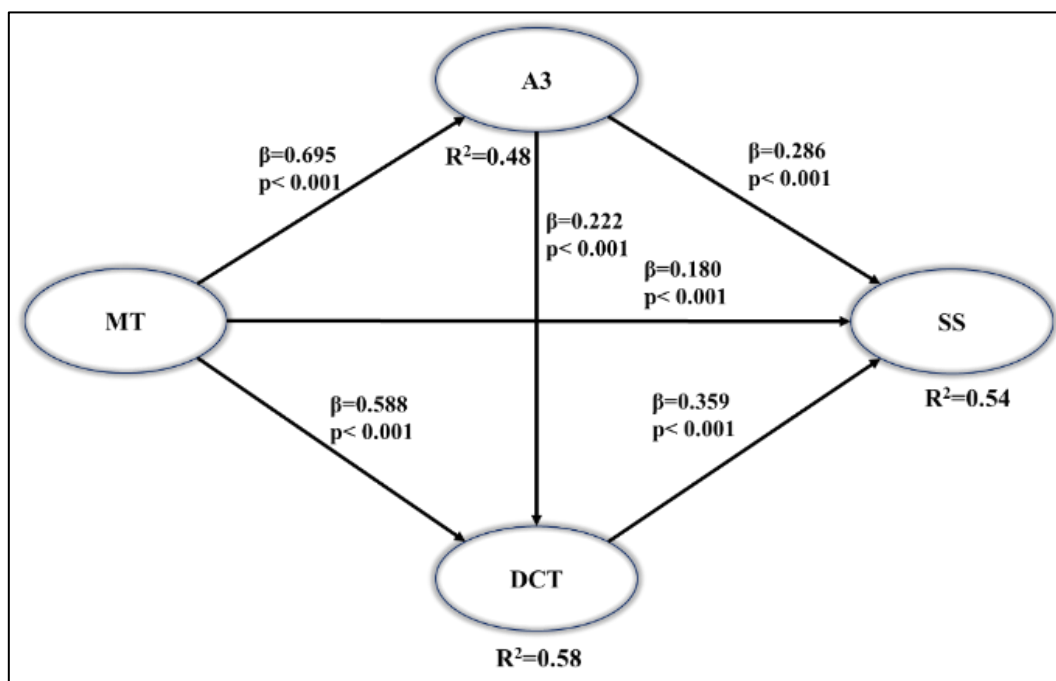


Figura 4.6 Resultado del modelo de ecuaciones estructurales MT – A3 – DCT – SS

4.2.4.2 Validación de hipótesis – Efectos directos

La Tabla 4.15 muestra un resumen de los efectos directos, donde se indican las hipótesis establecidas al inicio de la investigación, la relación entre variables, el valor de Beta y el p-valor, así como el tamaño del efecto (ES) y la decisión tomada. De acuerdo con los valores p del modelo propuesto, se puede concluir que todas las relaciones entre las variables analizadas existen, esto se puede decir con un 99.9% de confianza. Por ejemplo, para H1 se concluye que hay suficiente evidencia estadística para decir que MT tiene un efecto directo y positivo en la implementación de A3, dado que cuando la primera variable incrementa su desviación estándar en una unidad, la segunda incrementa su desviación estándar en 0.695 unidades, además se puede explicar en un 48.3% su variabilidad.

Tabla 4.15 Resumen de las hipótesis probadas del modelo MT – A3 – DCT – SS.

Hi	Variables independientes → dependientes	β (p-valor)	ES	Decisión
H1	MT→A3	0.695 (<0.001)	0.483	Aceptar
H2	MT→DCT	0.588 (<0.001)	0.436	Aceptar
H3	A3→DCT	0.222 (<0.001)	0.140	Aceptar
H4	A3→SS	0.286 (<0.001)	0.183	Aceptar
H5	MT→SS	0.180 (<0.001)	0.116	Aceptar
H6	DCT→SS	0.359 (<0.001)	0.243	Aceptar

4.2.4.3 Suma de efectos indirectos y totales

En la Tabla 4.16 se muestra un resumen de la suma de los efectos indirectos que afectan a las variables latentes del modelo. Se indica el valor de Beta, el p-valor, y el tamaño del efecto como medida para explicar la varianza de la variable independiente en la variable dependiente. Para este modelo se muestra que todas tienen un p-valor menor o igual a 0.011 y esto las hace estadísticamente significativas, y la relación MT→SS es la relación que mayor valor de Beta tiene, indicando la importancia social de implementar de manera correcta los equipos multifuncionales dentro de las áreas productivas de la IMM.

Tabla 4.16 Suma de efectos indirectos del modelo MT – A3 – DCT – SS.

A	De	
	A3	MT
SS	$\beta=0.080$ (p=0.011) ES=0.051	$\beta=0.466$ (p<0.001) ES=0.301
DCT		$\beta=0.155$ (p<0.001) ES=0.115

En la Tabla 4.17 se muestran los efectos totales, indicando el valor estandarizado para Beta, el p-valor asociado y el tamaño del efecto. En esta ocasión los valores de p son menores que 0.001 para cada una de las relaciones del modelo indicando un 99.9% de confianza para las estimaciones basadas en el modelo. El efecto total de MT→SS, MT→A3 y MT→DCT muestran los valores más altos del modelo.

Tabla 4.17 Efectos Totales del modelo MT – A3 – DCT – SS.

	A3	MT	DCT
SS	$\beta=0.366$ (p<0.001) ES=0.234	$\beta=0.646$ (p<0.001) ES=0.417	$\beta=0.359$ (p<0.001) ES=0.243
A3		$\beta=0.695$ (p<0.001) ES=0.483	
DCT	$\beta=0.222$ (p<0.001) ES=0.140	$\beta=0.742$ (p<0.001) ES=0.551	

4.2.5 Análisis de sensibilidad

En la Tabla 4.18 se muestran los resultados del análisis de sensibilidad en el modelo. Dentro de las relaciones de las variables latentes, se encuentra como la más alta en probabilidad, el obtener A3+ dado MT+ con un 78.3%, esto para la gerencia de la IMM significa que los equipos multifuncionales son sumamente importantes para lograr resolver problemas que se producen dentro del área productiva. También se encuentran resultados similares cuando se quiere obtener

un DCT+ dado un A3+ ya que esto tiene una probabilidad de 62.5%, siendo la interacción positiva con menor probabilidad, sin embargo, es alta la relación de ambas, y es importante para la alta gerencia el enfoque en A3 y solución de problemas si se quiere obtener resultados positivos en la descentralización de la compañía.

Por otro lado, en las probabilidades tomando en cuenta bajos niveles, de igual manera, la probabilidad de obtener A3- dado MT- es bastante elevada puesto que es de 61.2%, siendo la más alta entre las combinaciones negativas del modelo, esto para la IMM significa que si no se tiene implementado MT las probabilidades de fallar en A3 son bastante elevadas, confirmando la necesidad de equipos multifuncionales en la resolución de problemas dentro del área productiva.

Tabla 4.18 Análisis de Sensibilidad del modelo MT – A3 – DCT – SS.

Nivel		MT+	MT-	A3+	A3-	DCT+	DCT-
	Probs	0.15	0.16	0.23	0.17	0.20	0.15
A3+	0.23	&=0.11	&=0.01				
		If = 0.78	If = 0.05				
A3-	0.17	&=0.00	&=0.10				
		If = 0.02	If = 0.61				
DCT+	0.20	&=0.11	&=0.002	&=0.15	&=0.01		
		If = 0.75	If = 0.02	If = 0.63	If = 0.03		
DCT-	0.15	&=0.01	&=0.09	&=0.02	&=0.06		
		If = 0.07	If = 0.55	If = 0.07	If = 0.37		
SS+	0.25	&=0.11	&=0.01	&=0.15	&=0.01	&=0.14	&=0.01
		If = 0.72	If = 0.08	If = 0.64	If = 0.07	If = 0.68	If = 0.07
SS-	0.17	&=0.01	&=0.10	&=0.01	&=0.10	&=0.01	&=0.08
		If = 0.03	If = 0.60	If = 0.04	If = 0.56	If = 0.02	If = 0.56

4.2.6 Conclusiones del modelo MT-A3-DCT-SS

Promover los MT fomenta las metodologías de resolución de problemas (A3) y distribuye la autoridad y las responsabilidades entre los trabajadores y los departamentos (DCT). Estos programas de LM impactan significativamente en los beneficios sociales de la empresa (SS). Una baja implantación de herramientas de HRM sin equipos de trabajo de diferentes departamentos puede poner en riesgo la identificación y solución de problemas dentro de las áreas productivas, evitar la distribución de autoridad y responsabilidades entre los trabajadores y dificultar la consecución de los objetivos sociales de la empresa. La DCT influye enormemente en el desarrollo del SS en la MMI, por lo que contar con equipos descentralizados es esencial en empresas que necesitan aumentar su nivel de implantación del SS. Por otro lado, el MT tiene un impacto menos directo en el SOS. Sin embargo, es la herramienta que más influye en el DCT. Se insta a la dirección a centrar sus esfuerzos en la implantación de los MT para aumentar el SS indirectamente a través de un buen A3 y DCT (Marquez Figueroa et al., 2023).

4.3 Artículo 3 – Importancia de la gestión de la calidad total y de hacer las cosas bien a la primera vez para promover la sustentabilidad ambiental

Este documento se encuentra publicado en la revista Memoria Investigaciones en Ingeniería, editada por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Montevideo, en Uruguay la cual tiene un factor de impacto de 0.2 en el *Journal Citation Report (JCR)* y se encuentra dentro del apartado *Emerging Sources Citation Index (ESCI)* (Figueroa et al., 2024). El documento puede ser citado como:

Márquez Figueroa, L. J., García Alcaraz, J. L., Díaz Reza, J. R., & Gil López, J. A. (2024). Importancia de la Gestión de la Calidad Total y de Hacer las Cosas Bien a la Primera Vez para Promover la Sostenibilidad Medioambiental. *Memoria Investigaciones En Ingeniería*, (27), 76–90. <https://doi.org/10.36561/ING.27.6>

La Figura 4.7 ilustra el documento en la plataforma de la editorial, este modelo analiza las variables independientes gestión de la calidad total (*TQM* por sus siglas en inglés), hacerlo bien a la primera (*DRFT* por sus siglas en inglés) y la variable de respuesta es la sustentabilidad ambiental (*ENS* por sus siglas en inglés).



Figura 4.7 Artículo aceptado en revista JCR Memoria Investigaciones en Ingeniería del modelo TQM – DRFT – ENS.

A continuación, se resumen los detalles más importantes de ese artículo.

4.3.1 Análisis descriptivos de la muestra

Se obtuvieron 179 respuestas válidas de empresas de Ciudad Juárez, México. La Tabla 4.19 muestra el análisis descriptivo de la muestra, indicando el sector industrial y la posición del encuestado. La industria automotriz tiene la mayor presencia en esta muestra, representada por 60 encuestados. En comparación, 28 encuestados pertenecen a otro tipo de industria que no aparece en la encuesta, y 24 encuestados pertenecen a la industria electrónica. Estos tres sectores industriales tienen la mayor presencia en la muestra.

En cuanto a los puestos de trabajo de los encuestados, ingenieros y supervisores representaron el 50% de los encuestados, siendo los dos grupos principales de la encuesta.

Tabla 4.19 Sector industrial y posición del modelo TQM – DRFT – ENS.

Sector Industrial	Puesto de trabajo					Total
	Gerente	Ingeniero	Supervisor	Técnico	Otro	
Automotriz	12	22	12	14	10	39.11%
Aeronáutica		2	1			1.68%
Eléctrico	1	3	3			3.91%
Electrónica	2	11	7	3	1	13.41%
Logística		5	2	1	1	5.03%
Maquinado	1	3	2	2	2	5.59%
Médica	3	4	5	3	5	11.17%
Caucho y plásticos		4	1	1		3.35%
Textiles y ropa		2				1.12%
Otro	2	7	4	4	11	15.64%
Total	11.73%	35.20%	20.67%	15.64%	16.76%	100%

La Tabla 4.20 presenta los años de experiencia de los encuestados, así como su sexo. Los resultados indican un equilibrio entre hombres y mujeres encuestados, siendo la experiencia de dos a cinco años la más repetida, seguida de más de diez, de cinco a diez y de uno a dos, totalizando algo más del 94% de los encuestados.

Tabla 4.20 Años de experiencia del modelo TQM – DRFT – ENS.

Sexo	Años de Experiencia					% Total
	0 a 1	1 a 2	2 a 5	5 a 10	Más de 10	
Femenino	8	9	33	13	15	43.58%
Masculino	2	18	40	21	20	56.42%
% Total	5.59%	15.08%	40.78%	18.99%	19.55%	100%

4.3.2 Análisis descriptivo de los ítems

La Tabla 4.21 presenta la mediana y el Rango Inter cuartílico (IQR) de los ítems analizados para las variables latentes. En cuanto a la mediana, todos los ítems fueron superiores a 4,0, lo que indica que los encuestados consideraron que se obtuvieron los beneficios esperados con la implementación de las herramientas analizadas. Por otro lado, el IQR con valores de 1,30 a 1,52 indica un alto consenso entre los encuestados, sin variaciones extremas en sus respuestas.

Tabla 4.21 Análisis descriptivos de los ítems del modelo TQM – DRFT – ENS.

Ítems	Mediana	Rango intercuartílico
Gestión de la Calidad Total (TQM)		
En todas las actividades se fomenta una administración participativa enfocada en la mejora constante.	4.31	1.33
La idea de calidad total se fomenta desde la compra de materias primas hasta la atención postventa al cliente.	4.34	1.36
La decisión de mejorar se basa en hechos y datos.	4.29	1.38
Hacerlo Bien a la Primera (DRFT)		
Frecuencia en el uso de aparatos de fijación rápida, soporte en forma de estrella y palancas de bloqueo.	4.25	1.47
Los calibres de comprobación se instalan en las máquinas o puestos laborales y son fácilmente reemplazables.	4.25	1.45
Es sencillo reemplazar una máquina o aparato defectuoso.	4.22	1.52
Sustentabilidad Ambiental (ENS)		
Reducción de residuos sólidos	4.36	1.30
Reducción de residuos líquidos	4.30	1.34
Reducción de las emisiones de gases	4.32	1.32
Reducción de percances medioambientales	4.37	1.32

4.3.3 Validación de las variables

Las variables fueron validadas, y los resultados se presentan en la Tabla 4.22 resumiendo los valores finales, indicando que todos cumplen los valores objetivos establecidos en la última columna. Por lo tanto, se procedió al análisis.

Tabla 4.22 Validación de las variables latentes de LM usadas en el cuestionario del modelo TQM – DRFT – ENS.

Índice	TQM	DRFT	ENS	Valor objetivo
R^2		0.367	0.468	≥ 0.2
R^2 ajustada		0.363	0.462	≥ 0.2
Confiabilidad compuesta	0.934	0.950	0.954	≥ 0.7
Alpha de Cronbach	0.894	0.921	0.936	≥ 0.7
Promedio de varianza extraída	0.825	0.863	0.839	≥ 0.5
Colinealidad (VIF)	1.724	1.867	1.810	≤ 3.3
Q^2		0.367	0.465	≥ 0.2

4.3.4 Modelo de ecuaciones estructurales

En la Figura 4.8 se plantea el modelo de ecuaciones estructurales que trabaja con las hipótesis planteadas en el artículo aceptado para analizar la relación entre las Gestión de la Calidad Total y Hacerlo Bien a la Primera con la Sustentabilidad Ambiental. Adelante se muestran los resultados obtenidos al analizar este modelo de ecuaciones estructurales.

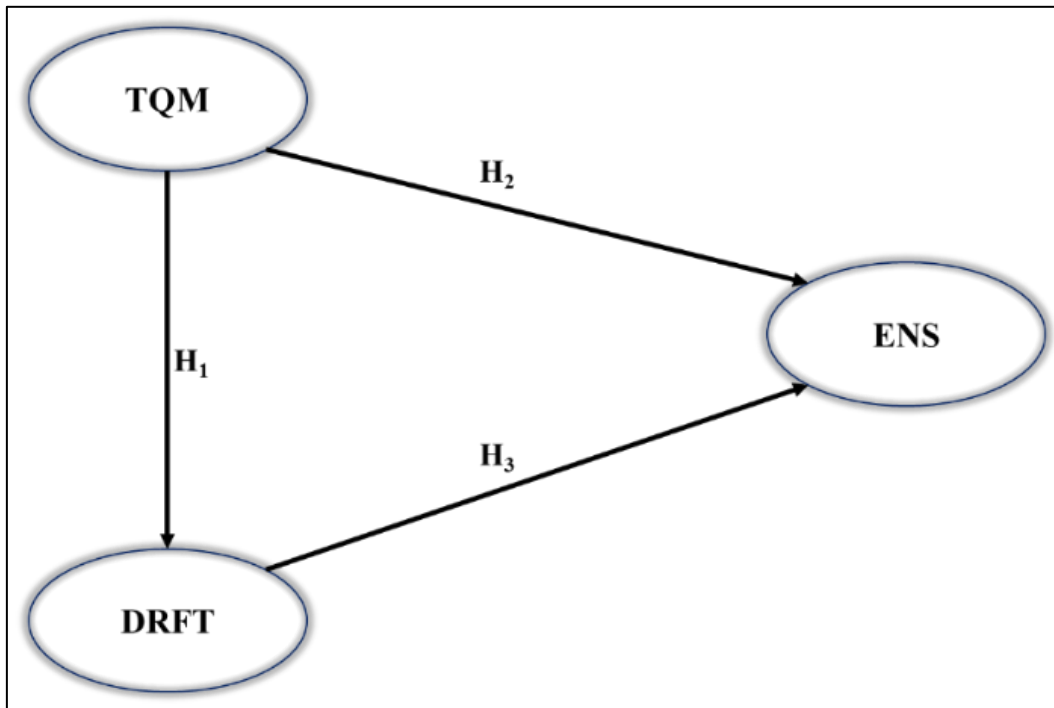


Figura 4.8 Modelo de ecuaciones estructurales del modelo TQM – DRFT – ENS.

4.3.4.1 Validación del modelo

Dado que las variables latentes cumplen los índices de validación, se integraron en el modelo y se ejecutaron. La Tabla 4.23 presenta los índices de eficiencia del modelo. Los valores objetivo de cada índice se cumplieron satisfactoriamente, lo que implica que el modelo tiene suficiente validez predictiva, sin problemas de colinealidad y con un buen ajuste a los datos.

Tabla 4.23 Índices de eficiencia del modelo TQM – DRFT – ENS.

Índice	Resultados	Valor objetivo
Coefficiente promedio del flujo	0.456; P<0.001	p<0.05
R ² promedio	0.417; P<0,001	p<0.05
Promedio ajustado de R ²	0.412; P<0,001	p<0.05
Promedio de bloques de factor de inflación de varianza	1.575	Ideal ≤3.3
Promedio de colinealidad completa de factor de inflación de varianza	1.800	Ideal ≤3.3
Tenenhaus Bondad de Ajuste	0.593	Mejor si ≥ 0.36

La Figura 4.9 muestra los resultados del SEM. Para cada relación entre las variables, β tiene un p-valor inferior a 0,001, lo que indica que son estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 99%. Los valores R² de las variables dependientes, como DRFT y ENS, tienen valores de 0.37 y 0.47, lo que significa que estas variables se explican a través de este modelo en un 37 y un 47%, respectivamente.

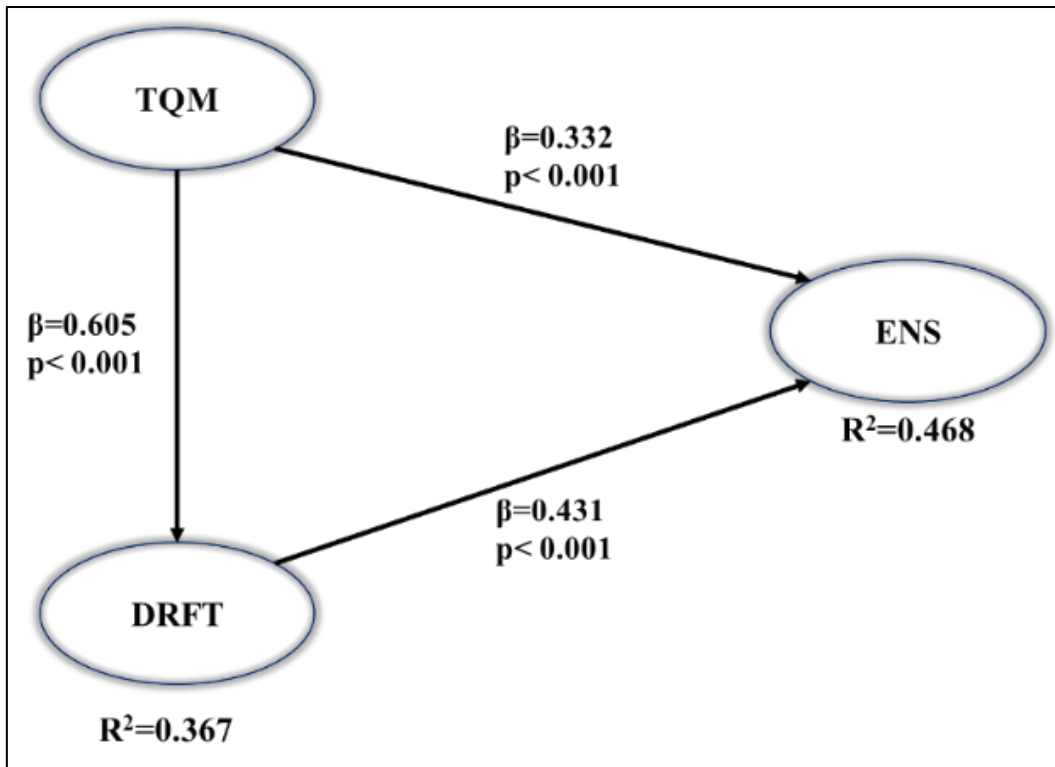


Figura 4.9 Resultados del SEM en WarpPLS (R)

4.3.4.2 Validación de hipótesis – Efectos directos

La Tabla 4.24 resume los efectos directos, indicando las hipótesis establecidas, la relación entre las variables, el p-valor asociado y la decisión adoptada. Sobre la base de los resultados del SEM, se concluyó que todas las relaciones eran aceptadas. Por ejemplo, para H1, hay pruebas estadísticas suficientes para afirmar que la TQM tiene un efecto directo y positivo en la aplicación de la DRFT porque cuando la TQM aumenta su desviación estándar en una unidad, la DRFT aumenta en 0,605 unidades.

Tabla 4.24 Resumen de las hipótesis probadas del modelo TQM – DRFT – ENS.

H _i	Variables independientes → dependientes	B (p-valor)	Decisión
H1	TQM→DRFT	0.605 (<0.001)	Aceptar
H2	TQM→ENS	0.332 (<0.001)	Aceptar
H3	DRFT→ENS	0.431 (<0.001)	Aceptar

4.3.4.3 Suma de efectos indirectos y totales

En este caso, sólo hay un efecto indirecto en el modelo propuesto, que es entre TQM y ENS a través de DRFT como variable moderadora, y es estadísticamente significativo al nivel de confianza del 99%, con un ES de 0.154, lo que indica que TQM explica el 15.4% de la varianza de ENS.

La Tabla 4.25 muestra el efecto total de las variables; los tres efectos totales son estadísticamente significativos con un 99% de confianza. Sobre la base de los valores de β y ES, puede concluirse que la TQM influye en DRFT y la ENS.

Tabla 4.25 Efectos totales del modelo TQM – DRFT – ENS.

	TQM	DRFT
DRFT	$\beta=0.605$ ($p<0.001$) ES=0.367	
ENS	$\beta=0.592$ ($p<0.001$) ES=0.351	$\beta=0.431$ ($p<0.001$) ES=0.272

4.3.5 Análisis de sensibilidad

La Tabla 4.26 presenta el análisis de sensibilidad; en este caso, las columnas se refieren a las variables independientes y las filas a las variables dependientes. Aquí, los escenarios de alto nivel se presentan con un signo "+", mientras que los escenarios de bajo nivel se presentan con un signo "-". Por ejemplo, la probabilidad de obtener un DRFT+, dado que se ha producido un TQM+, es de 0.596, lo que indica que unos buenos resultados en la implantación de TQM garantizan un 59.6% de resultados en las prácticas de DRFT. Sin embargo, bajos niveles de implantación de TQM conducen a resultados negativos en la implantación de DRFT, dado que la probabilidad condicional es de 0.571, lo que supone un riesgo del 57.1% para la alta dirección.

Tabla 4.26 Análisis de sensibilidad del modelo TQM – DRFT – ENS.

Nivel		TQM+	TQM-	DRFT+	DRFT-
	Probs	0.30	0.16	0.27	0.16
DRFT+	0.27	& = 0.18 If = 0.60	& = 0.01 If = 0.04		
DRFT-	0.16	& = 0.02 If = 0.08	& = 0.09 If = 0.57		
ENS+	0.28	& = 0.17 If = 0.56	& = 0.01 If = 0.07	& = 0.15 If = 0.57	& = 0.01 If = 0.04
ENS-	0.15	& = 0.03 If = 0.10	& = 0.07 If = 0.43	& = 0.02 If = 0.06	& = 0.09 If = 0.54

4.3.6 Conclusiones del modelo TQM-DRFT-ENS

Los programas de TQM aumentan la implantación de DRFT. Las actividades de LM afectan significativamente a los beneficios medioambientales de la empresa. Con un programa de gestión del control de calidad, la LM ayuda a desarrollar productos y procesos que se hacen bien a la primera, con lo que se disminuye el desperdicio de materias primas y energía y se evita perjudicar los objetivos medioambientales de la empresa. Las empresas deben tener un enfoque libre de defectos para promover el despliegue de ENS en MMI, ya que la DRFT mejora el desarrollo de ENS. TQM tiene un impacto modesto en el ENS, pero mejora significativamente el DRFT. La dirección debería dar prioridad a la TQM para impulsar el ENS indirectamente a través de la DRFT.

4.4 Artículo 4 – Herramientas de LM aplicadas al control de la calidad y su impacto en la sustentabilidad económica (en revisión)

Este documento se encuentra en revisión en la revista Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia en Colombia la cual tiene un factor de impacto de 1.0 en el *Journal Citation Report (JCR)* y se encuentra dentro del apartado *Emerging Sources Citation Index (ESCI)*.

La Figura 4.10 ilustra el documento en la plataforma de la editorial, este modelo analiza las variables independientes planear, hacer, verificar y actuar (*PDCA* por sus siglas en inglés), poka-yoke (*PYK*) y la variable de respuesta es la sustentabilidad económica (*ECS* por sus siglas en inglés).

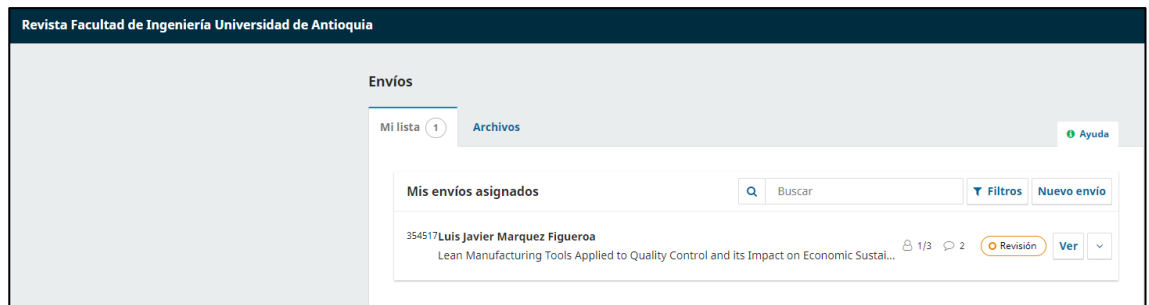


Figura 4.10 Artículo en revisión en revista JCR Facultad de ingeniería del modelo PDCA – PYK – TQM – ECS.

A continuación, se resumen los detalles más importantes de ese artículo.

4.4.1 Análisis descriptivos de la muestra

Al final del periodo de captura de información se obtuvieron 411 respuestas de 1611 correos electrónicos enviados, lo que representa una tasa de respuesta del 25.51%. En la Tabla 4.27 se muestra el sector industrial y el puesto de trabajo al momento de dar sus respuestas, y se observa que el sector automotriz tuvo la mayor participación (36%), seguido del sector médico y electrónico (18% y 14%, respectivamente). Además, el puesto de ingeniería tuvo la mayor participación, con el 59.12% del total de encuestados, seguido del 14.59% de supervisores y el 14.11% de técnicos.

Tabla 4.27 Sector industrial y puesto de trabajo del modelo PDCA – PYK – TQM – ECS.

Sector Industrial	Puesto					Total
	Gerente	Ingeniero	Supervisor	Técnico	Otro	
Automotriz	20	60	19	19	30	148
Aeronáutica	2	2	1	0	0	5
Eléctrico	1	9	3	2	1	16
Electrónica	7	24	10	7	8	56
Logística	1	6	2	2	4	15
Maquinado	2	3	2	4	2	13
Médica	5	30	10	14	13	72
Caucho y plásticos	0	5	2	1	0	8
Textiles y ropa	0	2	0	0	1	3
Otro	12	15	11	9	28	75
Total	50	156	60	58	87	411

La Tabla 4.28 muestra los años de experiencia y el género de los encuestados. Los resultados mostraron que el 43% de los encuestados eran mujeres, mientras que el 57% eran hombres. Es importante resaltar que el 33.8% de los encuestados tiene entre 2 y 5 años de experiencia en el cargo que desempeña, el 25.06% tiene entre 5 y 10 años de experiencia, y en tercer lugar se encuentran aquellos con más de 10 años con un 20.94%. de los participantes en la encuesta. Supongamos que sumamos los porcentajes de los 3 primeros, en ese caso el 80% de los encuestados son personas con amplia experiencia en su trabajo, y se puede concluir que la información proviene de personas conocedoras de la implementación de LMT.

Tabla 4.28 Años de experiencia del modelo PDCA – PYK – TQM – ECS.

Género	Años de experiencia					Total
	0 a 1	1 a 2	2 a 5	5 a 10	Más de 10	
Femenino	16	22	68	42	29	177
Masculino	7	38	71	61	57	234
Total	23	60	139	103	86	411

4.4.2 Análisis descriptivo de los ítems

La Tabla 4.29 muestra un análisis descriptivo de los ítems usados en las variables latentes. En este caso se presenta la mediana y el rango intercuartílico de cada uno de los ítems y se observa que todos los ítems tienen una mediana mayor a 4.0, lo que indica que los encuestados consideran que casi siempre se obtienen beneficios al implementar PDCA, PYK, TQM y ECS.

Tabla 4.29 Análisis descriptivo de los ítems del modelo PDCA – PYK – TQM – ECS.

Ítems	Mediana	Rango Intercuartílico
PDCA		
Las mejoras de calidad son identificadas y priorizadas.	4.182	1.429
Se describe y colecta la información del proceso actual.	4.171	1.433
Se desarrolla un plan de acción.	4.189	1.414
PYK		
¿Se usan poka-yokes para prevenir errores?	4.08	1.526
¿Se usan poka-yokes como control para la aceptación o rechazo de los productos?	4.09	1.522
¿Cuándo se identifica un fallo, las líneas de producción o el procedimiento se interrumpen para realizar rectificaciones de inmediato?	4.10	1.540
¿Se usan sonidos, luces o alguna otra advertencia como señal para informar de la ocurrencia de algún error?	4.14	1.554
TQM		
La dirección se involucra para fomentar la mejora constante en todas las actividades.	4.21	1.378
La idea de calidad total se fomenta desde el recibimiento de la materia prima hasta la atención al cliente.	4.26	1.384
La decisión de mejoras constantes se basa en hechos y datos.	4.20	1.417
ECS		
Reducción de costos de rechazos y retrabajos.	4.12	1.455
Reducción de los gastos asociados a las materias primas.	4.16	1.449
Disminución de los costos de tratamiento de residuos.	4.15	1.459
Reducción de sanciones administrativas por percances medioambientales.	4.16	1.471

4.4.3 Validación de las variables

La Tabla 4.30 muestra los principales índices que se necesitan para la validación de las variables en el SEM propuesto en este trabajo, mostrando que todos los índices tienen valores que se encuentran en el rango aceptable. Lo anterior indica que las variables tienen suficiente validez predictiva paramétrica (R^2 y R^2 ajustada), interna (alfa de Cronbach y confiabilidad compuesta), convergente (AVE) y predictiva no paramétrica (Q^2), así como ausencia de colinealidad (VIF). Lo anterior indica que las variables pueden ser integradas en el modelo.

Tabla 4.30 Validación de variables latentes de LM aplicadas en el cuestionario del modelo PDCA – PYK – TQM – ECS.

Índice	PDCA	TQM	PYK	ECS	Mejor si
R^2		0.548	0.361	0.476	≥ 0.2
R^2 ajustada		0.546	0.360	0.472	≥ 0.2
Confiabilidad compuesta	0.954	0.945	0.928	0.952	≥ 0.7
Alpha de Cronbach	0.927	0.913	0.896	0.933	≥ 0.7
Promedio de varianza extraída	0.873	0.852	0.763	0.833	≥ 0.5
Colinealidad	2.349	2.359	1.792	1.902	≤ 3.3
Q^2		0.549	0.363	0.478	≥ 0.2

4.4.4 Modelo de ecuaciones estructurales

En la Figura 4.11 se plantea el modelo de ecuaciones estructurales que trabaja con las hipótesis planteadas en el artículo en revisión para analizar la relación entre las herramientas enfocadas al Control de la Calidad de Lean Manufacturing con la Sustentabilidad Económica. Adelante se muestran los resultados obtenidos al analizar este modelo de ecuaciones estructurales.

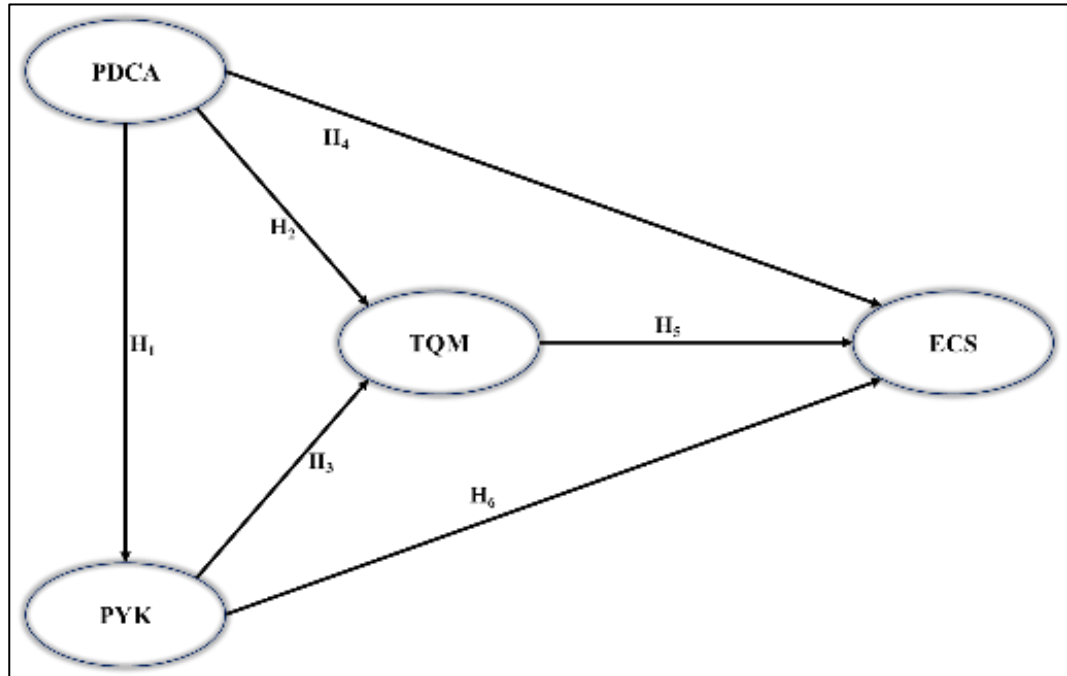


Figura 4.11 Modelo de ecuaciones estructurales del modelo PDCA – PYK – TQM – ECS.

4.4.4.1 Validación del modelo

La Tabla 4.31 muestra los índices de eficiencia del SEM, donde se observa que se cumple con los valores de corte para los índices de validación, indicando que el modelo tiene validez predictiva, sin problemas de colinealidad y con un buen ajuste de los datos, sobre todo ya que el GoF es 70% mayor que el valor ideal.

Tabla 4.31 Índices de eficiencia del modelo PDCA – PYK – TQM – ECS.

Índice	Resultados	Valor objetivo
Coefficiente promedio del flujo	0.368, $p < 0.001$	$p < 0.05$
R^2 promedio	0.462, $p < 0.001$	$p < 0.05$
Promedio ajustado de R^2	0.459, $p < 0.001$	$p < 0.05$
Promedio de bloques de factor de inflación de varianza	1.827	Ideal ≤ 3.3
Promedio de colinealidad completa de factor de inflación de varianza	2.100	Ideal ≤ 3.3
Tenenhaus Bondad de Ajuste	0.619	Mejor si ≥ 0.36

La Figura 4.12 ilustra los resultados del SEM. En términos generales, el p-valor es menor que 0.001 en todas las relaciones entre variables analizadas, lo cual indica que hay estadísticamente 99.9% de confianza de que existen. También se muestran los valores de R^2 para las variables dependientes, lo que, para este SEM, indica que ECS se explica en un 48%, mientras que TQM en un 55% y PYK 36%.

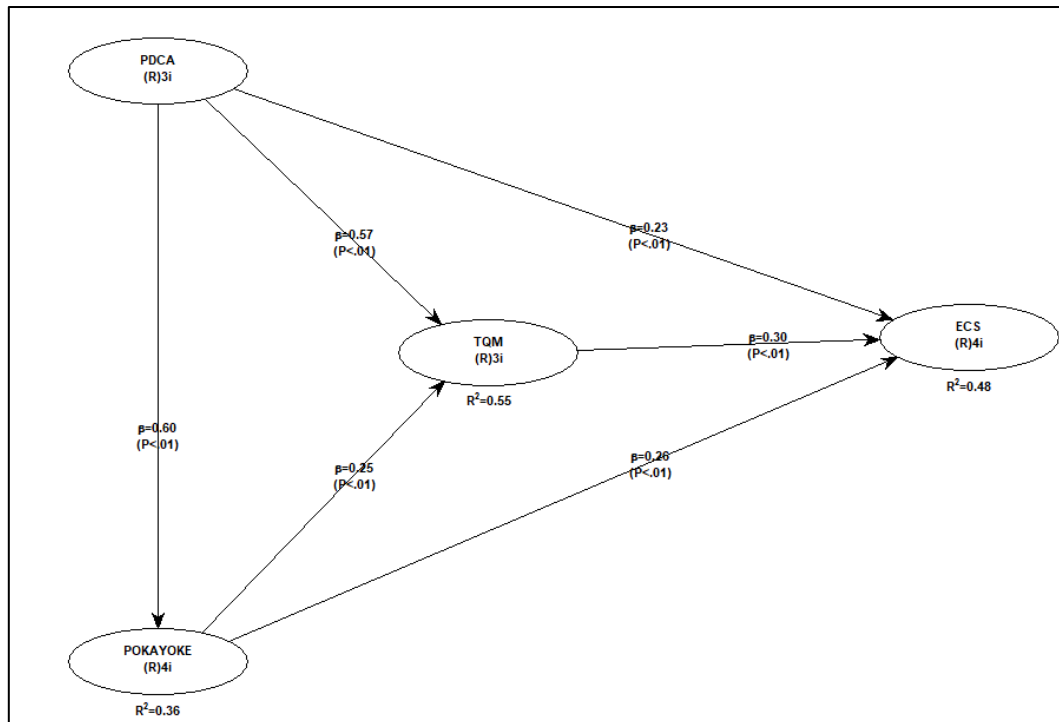


Figura 4.12 Resultado del modelo de ecuaciones estructurales.

4.4.4.2 Validación de hipótesis – Efectos directos

La Tabla 4.32 muestra un resumen de los efectos directos, indicando las hipótesis establecidas, la relación entre variable, el p-valor asociado para la prueba estadística, el tamaño del efecto (ES) y la decisión tomada. Basado en los p valores obtenidos, se concluye que todas las relaciones entre las variables analizadas existen, lo que se puede aseverar con un nivel de confianza del 99.9%; por ejemplo, para H2 se concluye que hay suficiente evidencia estadística para declarar que PDCA tiene un efecto directo y positivo en la implementación de TQM, dado que cuando la primera variable incrementa su desviación estándar en una unidad, la segunda se incrementa en 0.568 unidades; además, puede explicar el 40.5% de su variabilidad.

Tabla 4.32 Resumen de las hipótesis probadas del modelo PDCA – PYK – TQM – ECS.

H _i	Variables independientes → dependientes	β (p-valor)	ES	Decisión
H1	PDCA→PYK	0.601 (<0.001)	0.361	Aceptar
H2	PDCA→TQM	0.568 (<0.001)	0.405	Aceptar
H3	PYK→TQM	0.246 (<0.001)	0.143	Aceptar
H4	PDCA→ECS	0.234 (<0.001)	0.141	Aceptar
H5	TQM→ECS	0.298 (<0.001)	0.184	Aceptar
H6	PYK→ECS	0.263 (<0.001)	0.152	Aceptar

4.4.4.3 Suma de efectos indirectos y totales

La Tabla 4.33 muestra un resumen del efecto indirecto que tienen las variables dentro del modelo, indicando el valor de β , el p-valor asociado y el tamaño del efecto como una medida para explicar la varianza explicada por la variable independiente en la variable dependiente. Se observa que las tres relaciones con efectos indirectos son estadísticamente significantes y en esta ocasión, la relación PDCA→ECS es la que tiene el mayor valor de β , lo que indica la

importancia económica que tienen los procesos de mejoramiento y resolución de problemas en las líneas de producción.

Tabla 4.33 Suma de efectos indirectos del modelo PDCA – PYK – TQM – ECS.

A	De	
	PDCA	PYK
TQM	$\beta=0.148$ ($p<0.001$) ES=0.034	
ECS	$\beta=0.371$ ($p<0.001$) ES=0.047	$\beta=0.073$ ($p=0.017$) ES=0.035

La Tabla 4.34 muestra los efectos totales, indicando el valor estandarizado β , el p-valor asociado y el tamaño del efecto. Nuevamente, a todos se les asocia un p-valor menor a 0.001, lo que indica que se tiene un 99.9% de confianza en las estimaciones.

Tabla 4.34 Efectos Totales del modelo PDCA – PYK – TQM – ECS.

	PDCA	TQM	PYK
TQM	$\beta=0.716$ ($p<0.001$) ES=0.511		$\beta=0.246$ ($p<0.001$) ES=0.143
PYK	$\beta=0.601$ ($p<0.001$) ES=0.361		
ECS	$\beta=0.605$ ($p<0.001$) ES=0.364	$\beta=0.298$ ($p<0.001$) EN=0.184	$\beta=0.336$ ($p<0.001$) ES=0.194

4.4.5 Análisis de sensibilidad

La Tabla 4.35 muestra el análisis de sensibilidad realizado para cada una de las variables y relaciones del SEM. En las columnas se muestran las variables independientes y las filas se refieren a las variables dependientes. Para este análisis se muestran los escenarios en que la variable tiene un nivel alto con un signo “+” y un signo “-” para los escenarios con un nivel bajo. Por ejemplo, la probabilidad condicional de que ocurra TQM+ dado que ha ocurrido PDCA+ es de 0.626, lo que indica que implementar PDCA a un alto, se garantiza en un 62.6% el obtener un TQM alto. Sin embargo, bajos niveles de implementación de PDCA tienen probabilidad de 0.642 de generar TQM-, lo que significa que hay un riesgo alto para la gerencia de la compañía por la falta de implementación de PDCA. En el capítulo “Discusión de los resultados” se muestra un análisis más profundo.

Tabla 4.35 Análisis de Sensibilidad del modelo PDCA – PYK – TQM – ECS.

Nivel		PDCA+	PDCA-	TQM+	TQM-	PYK+	PYK-
	Probs	0.24	0.16	0.25	0.13	0.20	0.19
TQM+	0.25	& = 0.15 If = 0.63	& = 0.01 If = 0.05				
TQM-	0.13	& = 0.01 If = 0.01	& = 0.11 If = 0.64				
PYK+	0.20	& = 0.13 If = 0.53	& = 0.01 If = 0.02	& = 0.14 If = 0.55	& = 0.01 If = 0.02		
PYK-	0.19	& = 0.01 If = 0.05	& = 0.10 If = 0.63	& = 0.02 If = 0.07	& = 0.09 If = 0.66		
ECS+	0.22	& = 0.13 If = 0.54	& = 0.01 If = 0.02	& = 0.14 If = 0.56	& = 0.01 If = 0.02	& = 0.12 If = 0.60	& = 0.01 If = 0.04
ECS-	0.17	& = 0.01 If = 0.05	& = 0.10 If = 0.61	& = 0.01 If = 0.05	& = 0.09 If = 0.67	& = 0.01 If = 0.04	& = 0.10 If = 0.50

4.4.6 Conclusiones del modelo PDCA-PYK-TQM-ECS

La baja implantación del control de calidad sin el fundamento del PDCA, en el que se identifican los problemas que impiden la mejora continua, pone en riesgo la gestión de la calidad (TQM), y el enfoque en dispositivos a prueba de errores dentro del área de producción tendría problemas en su implantación (PYK), lo que podría llevar a la empresa a no alcanzar sus objetivos económicos (ECS).

4.5 Otras publicaciones

En este apartado se muestran las publicaciones en las que se trabajó como conferencias, capítulos de libro como primer autor, artículos JCR como coautor y otras publicaciones como coautor.

4.5.1 Conferencia internacional

Se participó en la conferencia internacional de *IEOM* (Administración de operaciones e ingeniería industrial por sus siglas en inglés) donde se realizó un análisis bibliométrico de la relación de *Lean Manufacturing* y la sustentabilidad, se obtuvieron diferentes datos sobre la relevancia de estos temas en conjunto para ver los principales autores, principales revistas y palabras clave utilizando el software *Vosviewer*® y una base de datos de *Scopus*® (Figuroa et al., 2021).

Figuroa, L. J. M., Alcaraz, J. L. G., López, J. A. G., & Riaño, E. R. (2021, November). Relationship Between Lean Manufacturing and Sustainability—A Bibliometric Analysis. In *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Monterrey, Mexico*. <https://ieomsociety.org/proceedings/2021monterrey/473.pdf>

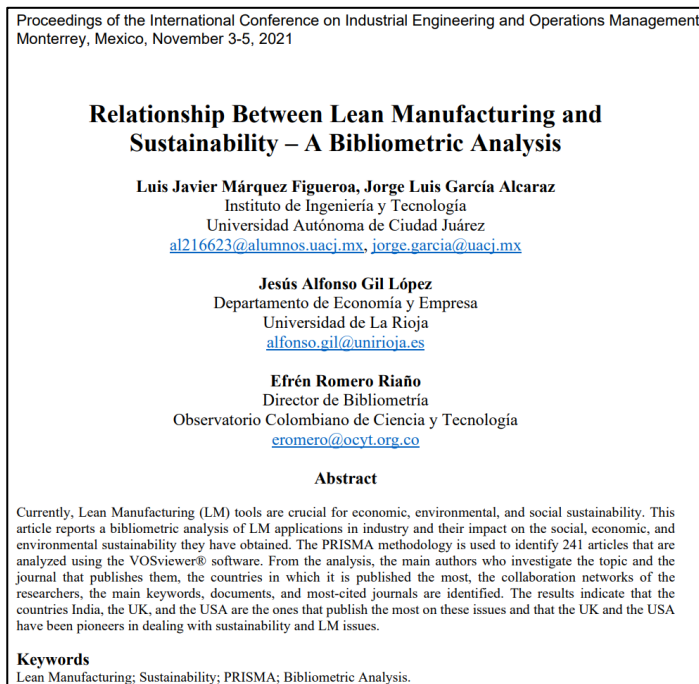


Figura 4.13 Conferencia internacional publicada en IEOM

4.5.2 Primer capítulo de libro


Se encuentra el capítulo de libro *One-Piece Flow* publicado como se observa en la Figura 4.14, donde se muestra un caso de aplicación en una industria de logística enfocado en el proceso de empaque para reducir los tiempos de espera en el proceso productivo al reducir transportes innecesarios y actividades que no agregan valor al proceso como inspecciones al 200%. A continuación, muestro la referencia en formato APA (Márquez Figuroa, García Alcaraz, & Realyvásquez Vargas, 2025).

Márquez Figuroa, L.J., García Alcaraz, J.L., Realyvásquez Vargas, A. (2025). One-Piece Flow. In: García Alcaraz, J.L., Robles, G.C., Realyvásquez Vargas, A. (eds) *Lean Manufacturing in Latin America*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-70984-5_9

Home > [Lean Manufacturing in Latin America](#) > Chapter

One-Piece Flow

Chapter | First Online: 23 November 2024
pp 193–213 | [Cite this chapter](#)



Lean Manufacturing in Latin America

Luis Javier Márquez Figueroa, Jorge Luis García Alcaraz & Arturo Realyváñez Vargas

8 Accesses

Abstract

This chapter discusses the concept of One-Piece Flow (OPF), its origins, scope, main critical success factors, and barriers. Also reports a small bibliometric analysis of OPF and Manufacturing and findings indicate that the United States of America is the country with the highest academic production on these topics, Lander, and Liker were the authors with the highest number of citations (150) and the International Journal of Production Research was the leading journal. In addition, it includes an application case where the material flow is shown at the implementation time in the production process of a packaging company working with a traditional batch system, and the fundamentals of OPF are implemented. The results show that OPF reduces delivery times by at least 34%, eliminating unnecessary transportation and activities that do not add value to the process, such as unnecessary product inspections.

Access this chapter

[Log in via an institution](#) →

Subscribe and save

● **Springer+ Basic** \$34.99 /Month

- Get 10 units per month
- Download Article/Chapter or eBook
- 1 Unit = 1 Article or 1 Chapter
- Cancel anytime

[Subscribe now](#) →

Buy Now

▲ Chapter USD 29.95
Price excludes VAT (Mexico)

Figura 4.14 Capítulo de libro: *One-Piece Flow*

4.5.3 Segundo capítulo de libro

También se encuentra el capítulo de libro titulado *Gemba* publicado como se observa en la Figura 4.15. Donde se muestra un caso de aplicación de esta metodología en una industria de logística en la que se utiliza el concepto de caminatas gemba, se muestra como resultado cómo se reducen los errores debido a su rápida identificación al colaborar directamente con los empleados de piso. A continuación, muestro la referencia en formato APA (Márquez Figueroa, García Alcaraz, et al., 2025).

Márquez Figueroa, L.J., García Alcaraz, J.L., Díaz Reza, J.R., Quintana Alvarado, J. (2025). Gemba. In: García Alcaraz, J.L., Robles, G.C., Realyváñez Vargas, A. (eds) *Lean Manufacturing in Latin America*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-70984-5_17

Home > [Lean Manufacturing in Latin America](#) > Chapter

Gemba

Chapter | First Online: 23 November 2024
pp 385–408 | [Cite this chapter](#)



Lean Manufacturing in Latin America

Luis Javier Márquez Figueroa, Jorge Luis García Alcaraz & José Roberto Díaz Reza & Joel Quintana Alvarado

Abstract

This chapter investigates the main concepts of Gemba, reporting on its concepts and evolution since its origin in Japan. It indicates how it was adopted by Western companies, the critical success factors that facilitate its implementation or adoption, and the barriers that managers may encounter. Similarly, the implementation process recommended by some authors is described, and a bibliometric analysis is performed to identify the trend in this topic, the primary authors, the most productive journals, and the most cited ones. Finally, a case study is reported, in which Gemba walks are used to analyze how to reduce errors in the license labeling process in a production line. The results indicate that Gemba allows errors to be quickly identified in collaboration with employees; therefore, its use is widely recommended.

Access this chapter

[Log in via an institution](#) →

Subscribe and save

● **Springer+ Basic** \$34.99 /Month

- Get 10 units per month
- Download Article/Chapter or eBook
- 1 Unit = 1 Article or 1 Chapter
- Cancel anytime

[Subscribe now](#) →

Buy Now

▲ Chapter USD 29.95
Price excludes VAT (Mexico)

Figura 4.15 Capítulo de libro: *Gemba*

4.5.4 Publicaciones en las que participé como coautor

El artículo nombrado *Relationship between lean manufacturing tools and their sustainable economic benefits* se encuentra publicado en la revista JCR llamada *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, como se muestra en la Figura 4.16. En este artículo se participa como coautor al ser parte del proceso en la aplicación de encuestas para la validación del caso estudiado. A continuación, se muestra la cita en formato APA (Díaz-Reza et al., 2022).

Díaz-Reza, J.R., García-Alcaraz, J.L., Figueroa, L.J.M. *et al.* Relationship between lean manufacturing tools and their sustainable economic benefits. *Int J Adv Manuf Technol* **123**, 1269–1284 (2022). <https://doi.org/10.1007/s00170-022-10208-0>



Figura 4.16 Artículo “Relationship between lean manufacturing tools and their sustainable economic benefits” en revista JCR

También se participó como coautor en el artículo llamado *A comparative study of a trans-critical carbon dioxide cycle powered by a single flash geothermal cycle with/without economizer operating modes* como se observa en la Figura 4.17 donde se muestran los beneficios de las energías renovables, este artículo fue publicado en la revista CT&F-Ciencia, Tecnología y Futuro, a continuación, se muestra la referencia en formato APA (Aryanfar et al., 2023).

Aryanfar, Y., García Alcaraz, J. L., Blanco Fernandez, J., Burgos Espinoza, I. I., & Márquez Figueroa, L. J. (2023). A comparative study of a trans-critical carbon dioxide cycle powered by a single flash geothermal cycle with/without economizer operating modes. *CT&F - Ciencia, Tecnología Y Futuro*, 13(2), 5–13. <https://doi.org/10.29047/01225383.661>

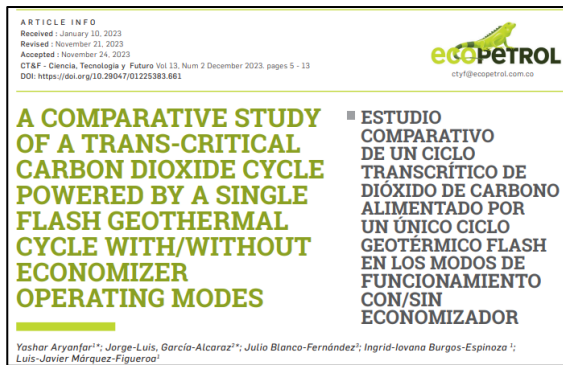


Figura 4.17 Artículo “A comparative study of a trans-critical carbon dioxide cycle powered by a single flash geothermal cycle with/without economizer operating modes” en revista ecopetrol

También se participó como coautor en el artículo nombrado Beneficios de Gestión Visual sobre Justo a Tiempo en la industria maquiladora publicado en la revista CULCYT Cultura Científica y Tecnológica, como se observa en la Figura 4.18, a continuación, se muestra la cita en formato APA (Reza et al., 2023).

Reza, J. R. D., Alcaraz, J. L. G., & Figueroa, L. J. M. (2023). Beneficios de Gestión Visual sobre Justo a Tiempo en la industria maquiladora. *CULCYT: Cultura Científica y Tecnológica*, 20(2), 1. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9074108>



Figura 4.18 Artículo “Beneficios de Gestión Visual sobre Justo a Tiempo en la industria maquiladora” en revista CULCYT

Por último, se participó como coautor en el artículo nombrado *Influence of government policies, environmental concerns, and attitudes toward solar panel purchase intention* en estatus de aceptado en la revista JCR *Journal of Cleaner Production*, como se observa en la Figura 4.19.

Journal of Cleaner Production
Available online 19 January 2025, 144765
In Press, Journal Pre-proof [What's this?](#)

Influence of government policies, environmental concerns, and attitudes toward solar panel purchase intention

Jorge Luis García Alcaraz¹, José Roberto Díaz Reza², Luis Javier Márquez Figueroa², Yashar Aryanfar², José Luis Rodríguez Álvarez², Arturo Realyvósquez Vargas⁴

[Show more](#)

[Add to Mendeley](#) [Share](#) [Cite](#)

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.144765> [Get rights and content](#)

Highlights

- This study explores the adoption of residential solar systems in the unique context of Mexico.
- Government policies and environmental attitudes influence solar energy adoption.
- Structural equation modeling and system dynamics are used to analyze PSR adoption.
- After five years, environmental concerns and intentions achieve acceptable levels.
- After eleven years, environmental concerns, attitudes and concerns achieve acceptable levels.
- Governments must promote solar energy using subsidies and financial support.

Figura 4.19 Artículo “Influence of government policies, environmental concerns, and attitudes toward solar panel purchase intention” en estatus de aceptado en revista JCR.

5 Productos obtenidos

Aunque se tuvo un modelo de ecuaciones propuesto, se sufrieron modificaciones, donde se analizaron diferentes herramientas con algún tipo de beneficio en específico. La Tabla 5.1 consideró que durante los 3.5 años que duró el programa de doctorado, se generaron los siguientes productos entregables:

Tabla 5.1 Productos de investigación.

Producto	Tipo	Rol
<i>Relationship Between Lean Manufacturing and Sustainability—A Bibliometric Analysis</i>	Conferencia internacional.	Autor principal
<i>Measuring Impact of Lean Manufacturing Tools for Continuous Improvement on Economic Sustainability.</i>	JCR publicado.	Autor principal
<i>Lean Manufacturing Tools Applied to Human Resource Management and its Impact on Social Sustainability.</i>	JCR publicado.	Autor principal
<i>Significance of Total Quality Management and Doing Right First Time in Promoting Environmental Sustainability</i>	JCR publicado.	Autor principal
<i>Lean Manufacturing Tools Applied to Quality Control and its Impact on Economic Sustainability</i>	JCR en revisión.	Autor principal
Coloquio de Posgrados de IIT	Siete participaciones	Autor principal
<i>Relationship between lean manufacturing tools and their sustainable economic benefits</i>	JCR publicado.	Coautor
<i>A comparative study of a trans-critical carbon dioxide cycle powered by a single flash geothermal cycle with/without economizer operating modes.</i>	Artículo publicado.	Coautor
Beneficios de Gestión Visual sobre Justo a Tiempo en la industria maquiladora.	Artículo publicado.	Coautor
<i>Influence of government policies, environmental concerns, and attitudes towards solar panel purchase intention.</i>	JCR publicado.	Coautor

6 Conclusiones generales

En este capítulo se finaliza con las conclusiones basadas en los objetivos específicos para compararlos con los resultados obtenidos al final del proceso del doctorado y ver si existe algún punto para continuar en futuras investigaciones.

Se identificaron las actividades que ayudan a conocer el nivel de implementación de las herramientas de LM a través de la creación del cuestionario para cumplir el primer objetivo: “identificar las actividades que ayudan a conocer el nivel de implementación de las herramientas de LM.” En esta parte se creó un cuestionario completo que incluye las herramientas de LM que se mencionan en el marco conceptual y teórico.

Se identificaron los beneficios que se obtienen al aplicar LM en las empresas maquiladoras a través de la aplicación del cuestionario para cumplir con el segundo objetivo: “identificar los beneficios que se obtienen al aplicar LM en las empresas maquiladoras.” Al analizar las respuestas de los trabajadores se desarrollaron cuatro modelos de ecuaciones estructurales para identificar los beneficios que los técnicos, ingenieros, supervisores y gerentes de la industria identifican como beneficios de las aplicaciones de las diferentes herramientas de LM.

Para cumplir con el tercer objetivo “construir y aplicar un cuestionario a empresas maquiladoras.” se construyó y aplicó un cuestionario electrónico a trabajadores de empresas maquiladoras. Primero se obtuvieron 180 respuestas con las que se validaron dos modelos de ecuaciones estructurales, y más adelante se obtuvieron más respuestas, hasta que se llegó a la cantidad de 411 respuestas que sirvieron para generar dos modelos más de ecuaciones estructurales. Con esto se realizaron los cuatro artículos JCR que se muestran en el capítulo 4 de esta investigación.

En cuanto al cuarto objetivo “generar modelos causales que permitan relacionar las actividades relacionadas con la implementación de LM y asociarlos con los beneficios obtenidos.” se generaron cuatro modelos de ecuaciones estructurales que permitan relacionar las actividades relacionadas con la implementación de LM y asociarlos con los beneficios obtenidos. El primer modelo creado analiza las herramientas base de LM con los beneficios económicos que se obtienen al implementar, después se analizaron las herramientas de LM enfocadas en los recursos humanos y se discute como se relaciona con los beneficios sociales de la compañía, en el tercer artículo de investigación se analizan las herramientas del pilar de calidad con los beneficios ambientales, por último, en el cuarto artículo enviado se analizan las herramientas del pilar de calidad con la sustentabilidad económica.

Se validaron cuatro modelos de ecuaciones estructurales y de esta manera se cumplió el quinto objetivo “validar los modelos de ecuaciones estructurales.” De estos cuatro modelos validados, tres se encuentran publicados en sus respectivos artículos JCR que se mencionan en el capítulo cuatro de este documento de investigación. Para el último, se requiere que la revista en la que se envió confirme si se requieren o no, revisiones menores/mayores.

En general, al aplicar los diferentes modelos presentados, se puede decir que los beneficios de implementar LM en la industria maquiladora de Ciudad Juárez son grandes y pueden incluir suficientes ventajas para llegar a la sustentabilidad en sus tres aspectos principales, la económica, social y ambiental.

Al aplicar las herramientas base de LM a un alto nivel mostraron una relación positiva en los beneficios económicos de las industrias maquiladoras, lo que significa que, si la gerencia se enfoca en utilizar de mejor manera estas herramientas, los beneficios económicos serán visiblemente mayores.

Si se aplican las herramientas del pilar de recursos humanos, de acuerdo con los resultados obtenidos, se obtienen ventajas y beneficios significativos en la sustentabilidad social, lo que quiere decir que el enfoque en el personal y su motivación genera un mejor ambiente de trabajo donde los equipos multifuncionales operan de manera autónoma y que la carga de la responsabilidad se encuentra distribuida de manera equitativa entre todos los miembros del equipo multidisciplinario.

En cuanto a la aplicación de las herramientas del pilar de calidad, se demostró que los beneficios se ven afectados de manera positiva a través de la sustentabilidad ambiental. Si los administradores de las compañías enfocan sus esfuerzos en la aplicación de estos programas de calidad, podrán mejorar sus métricos en cuanto a temas de sustentabilidad ambiental se refiere.

Además, la correcta implementación de las herramientas del pilar de calidad demostró tener un beneficio positivo en la sustentabilidad económica. Tanto en el ámbito ambiental y económico queda confirmado con los resultados obtenidos que la calidad es la categoría principal al momento de buscar resultados y mejoras en la economía de la industria y en el cuidado del medio ambiente.

7 Limitaciones e investigaciones futuras

Con los resultados presentados en esta investigación se validaron cuatro modelos de ecuaciones estructurales, sin embargo, la cantidad de información recolectada es suficiente para poder analizar más modelos en los que se comparen los diferentes pilares de LM con los diferentes beneficios. Por ejemplo, algunos de los temas que podrían analizarse en futuras investigaciones basados en este documento de tesis y las investigaciones mostradas como autor y coautor, son las siguientes:

- La relación de las herramientas base de LM y el efecto que tienen en la implementación de las herramientas del pilar de calidad.
- La relación de las herramientas base de LM y el efecto que tienen en la implementación de las herramientas del pilar de recursos humanos.
- La relación de las herramientas del pilar de flujo de materiales en los beneficios obtenidos en la sustentabilidad ambiental, social y económica.
- La relación de las herramientas base de LM y el efecto que tienen en la implementación de las herramientas del pilar de recursos humanos.
- La relación de las herramientas base de LM y el efecto que tienen en la implementación de las herramientas del pilar de recursos humanos.

El tiempo ha sido la principal limitante en el desarrollo y validación de otros modelos de ecuaciones estructurales, lo que indica que en futuros proyectos para estudiantes de nivel doctorado que incluyan este tema dentro de sus temas de investigación podrían seguir la línea marcada para incluir más herramientas y modelos de ecuaciones estructurales en sus productos de investigación.

8 Referencias

- Abbas, J. (2020). Impact of total quality management on corporate sustainability through the mediating effect of knowledge management. *Journal of Cleaner Production*, 244, 118806.
- Agrawal, R., & Nath, V. (2020). Agility and lean practices as antecedents of supply chain social sustainability. *International Journal of Operations & Production Management*, 40(10), 1589-1611. <https://doi.org/https://doi.org/10.1108/IJOPM-09-2019-0642>
- Alcaraz, J. L. G., Hernández, F. A. M., Tiznado, J. E. O., Vargas, A. R., Macías, E. J., & Lardies, C. J. (2021). Effect of quality lean manufacturing tools on commercial benefits gained by mexican maquiladoras [Article]. *Mathematics*, 9(9), Article 971. <https://doi.org/10.3390/math9090971>
- Alharbi, K., Al-Matari, E. M., & Yusoff, R. Z. (2016). The impact of Total Quality Management (TQM) on organisational sustainability: the case of the hotel industry in Saudi Arabia: empirical Study. *The Social Sciences*, 11(4), 3468-3473.
- Antony, J., Sunder M, V., Cudney, E., & Laux, C. (2019). Linking Lean Six Sigma with Green and Environmental Sustainability. In *The Ten Commandments of Lean Six Sigma* (pp. 101-106). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/978-1-78973-687-820191011>
- Aryanfar, Y., Alcaraz, J. L. G., Fernandez, J. B., Espinoza, I. I. B., & Figueroa, L. J. M. (2023). A comparative study of a trans-critical carbon dioxide cycle powered by a single flash geothermal cycle with/without economizer operating modes. *CT&F-Ciencia, Tecnología y Futuro*, 5-13.
- Asis, E. H. R., Maguiña, M. R. E., & Toro, M. E. N. (2020). Inteligencia emocional, competencias y desempeño del docente universitario: Aplicando la técnica mínimos cuadrados parciales SEM-PLS. *Revista electrónica interuniversitaria de formación del profesorado*, 23(3).
- Avelar-Sosa, L., Mataveli, M., & García-Alcaraz, J. L. (2018). Structural model to assess the relationship of manufacturing practices to delivery time in supply chains [Article]. *South African Journal of Industrial Engineering*, 29(4), 218-229. <https://doi.org/https://doi.org/10.7166/29-4-1670>
- Benkarim, A., & Imbeau, D. (2021). Organizational commitment and lean sustainability: Literature review and directions for future research [Review]. *Sustainability (Switzerland)*, 13(6), Article 3357. <https://doi.org/10.3390/su13063357>
- Bigelow, M. (2002). How to achieve operational excellence. *Quality progress*, 35(10), 70.
- Cagnetti, C., Gallo, T., Silvestri, C., & Ruggieri, A. (2021). Lean production and Industry 4.0: Strategy/management or technique/implementation? A systematic literature review. *Procedia Computer Science*,
- Caldera, H., Desha, C., & Dawes, L. (2019). Evaluating the enablers and barriers for successful implementation of sustainable business practice in 'lean' SMEs. *Journal of Cleaner Production*, 218, 575-590.
- Chauhan, G., & Singh, T. (2012). Measuring parameters of lean manufacturing realization. *Measuring Business Excellence*.
- Chen, P. K., Lujan-Blanco, I., Fortuny-Santos, J., & Ruiz-De-ARBULO-LÓPEZ, P. (2020). Lean manufacturing and environmental sustainability: The effects of employee involvement, stakeholder pressure and iso 14001 [Article]. *Sustainability (Switzerland)*, 12(18), 1-19, Article 7258. <https://doi.org/10.3390/su12187258>
- Cherrafi, A., Elfezazi, S., Hurley, B., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Anosike, A., & Batista, L. (2019). Green and lean: a Gemba–Kaizen model for sustainability enhancement. *Production Planning & Control*, 30(5-6), 385-399. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1501808>
- Chetthamrongchai, P., & Jernsittiparsert, K. (2019). Impact of lean manufacturing practices on financial performance of pharmaceutical sector in Thailand [Article]. *Systematic Reviews in Pharmacy*, 10(2), 208-217. <https://doi.org/10.5530/srp.2019.2.29>

- Chiu, A. S., Aviso, K. B., Baquillas, J., & Tan, R. R. (2020). Can disruptive events trigger transitions towards sustainable consumption? *Cleaner and Responsible Consumption*, 1, 100001.
- Costa, L. B. M., Godinho Filho, M., Fredendall, L. D., & Gómez Paredes, F. J. (2018). Lean, six sigma and lean six sigma in the food industry: A systematic literature review [Review]. *Trends in Food Science and Technology*, 82, 122-133.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.10.002>
- Daly, A., Wolfe, N., Teeling, S. P., Ward, M., & McNamara, M. (2021). Redesigning the Process for Scheduling Elective Orthopaedic Surgery: A Combined Lean Six Sigma and Person-Centred Approach. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. <https://doi.org/10.3390/ijerph182211946>
- de Oliveira Santos, H., Alves, J. L. S., de Melo, F. J. C., & de Medeiros, D. D. (2020). An approach to implement cleaner production in services: Integrating quality management process. *Journal of Cleaner Production*, 246, 118985.
- de Sousa Jabbour, A. B. L., Ndubisi, N. O., & Seles, B. M. R. P. (2020). Sustainable development in Asian manufacturing SMEs: Progress and directions. *International Journal of Production Economics*, 225, 107567.
- Díaz-Reza, J. R., García-Alcaraz, J. L., Figueroa, L. J. M., Vidal, R. P. i., & Muro, J. C. S. D. (2022). Relationship between lean manufacturing tools and their sustainable economic benefits. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 123(3), 1269-1284.
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285-296.
- Driouach, L., Zarbane, K., & Beidouri, Z. (2019). Literature review of Lean manufacturing in small and medium-sized enterprises [Article]. *International Journal of Technology*, 10(5), 930-941. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v10i5.2718>
- Durakovic, B., Demir, R., Abat, K., & Emek, C. (2018). Lean Manufacturing: Trends and Implementation Issue. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 130-143.
- Farooq, M. S., Salam, M., Fayolle, A., Jaafar, N., & Ayupp, K. (2018). Impact of service quality on customer satisfaction in Malaysia airlines: A PLS-SEM approach. *Journal of Air Transport Management*, 67, 169-180.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2017.12.008>
- Figueroa, L. J. M., Alcaraz, J. L. G., López, J. A. G., & Riaño, E. R. (2021). Relationship Between Lean Manufacturing and Sustainability—A Bibliometric Analysis. Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Monterrey, Mexico,
- Figueroa, L. J. M., Alcaraz, J. L. G., Reza, J. R. D., & López, J. A. G. (2024). Significance of Total Quality Management and Doing Right First Time in Promoting Environmental Sustainability. *Memoria Investigaciones en Ingeniería*(27), 76-90.
- Figueroa, L. J. M., García-Alcaraz, J. L., Osman, A. I., López, A. J. G., Aryanfar, Y., Sillanpää, M., & Assad, M. E. H. (2023). Measuring Impact of Lean Manufacturing Tools for Continuous Improvement on Economic Sustainability. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*. <https://doi.org/10.1007/s11518-023-5588-2>
- Fullerton, R. R., & Wempe, W. F. (2009). Lean manufacturing, non-financial performance measures, and financial performance [Article]. *International Journal of Operations and Production Management*, 29(3), 214-240. <https://doi.org/10.1108/01443570910938970>
- García-Alcaraz, J. L., Flor-Montalvo, F. J., Avelar-Sosa, L., Sánchez-Ramírez, C., & Jiménez-Macías, E. (2019). Human resource abilities and skills in TQM for sustainable enterprises [Article]. *Sustainability (Switzerland)*, 11(22), Article 6488.
<https://doi.org/10.3390/su11226488>
- García-Alcaraz, J. L., Maldonado-Macias, A. A., Alor-Hernandez, G., & Sanchez-Ramirez, C. (2017). The impact of information and communication technologies (ICT) on agility, operating, and economical performance of supply chain. *Advances in Production*

- Engineering & Management*, 12(1), 29-40.
<https://doi.org/https://doi.org/10.14743/apem2017.1.237>
- García-Alcaraz, J. L., Morales García, A. S., Díaz-Reza, J. R., Jiménez Macías, E., Javierre Lardies, C., & Blanco Fernández, J. (2022). Effect of lean manufacturing tools on sustainability: the case of Mexican maquiladoras. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(26), 39622-39637. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-18978-6>
- García-Alcaraz, J. L., Realyvasquez-Vargas, A., García-Alcaraz, P., de la Parte, M. P., Fernández, J. B., & Macias, E. J. (2019). Effects of human factors and lean techniques on Just in Time benefits [Article]. *Sustainability (Switzerland)*, 11(7), Article 1864. <https://doi.org/10.3390/su11071864>
- García Alcaraz, J. L., Martínez Hernández, F. A., Olguín Tiznado, J. E., Realyvasquez Vargas, A., Jiménez Macías, E., & Javierre Lardies, C. (2021). Effect of quality lean manufacturing tools on commercial benefits gained by Mexican maquiladoras. *Mathematics*, 9(9), 971.
- García, J. L., Maldonado, A. A., Alvarado, A., & Rivera, D. G. (2014). Human critical success factors for kaizen and its impacts in industrial performance. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 70(9), 2187-2198.
- Ghobakhloo, M., Fathi, M., Martins Fontes, D. B. M., & Ching, N. T. (2018). Modeling lean manufacturing success. *Modelling in Management*, 908-931.
- Green, K. W., Inman, R. A., Sower, V. E., & Zelbst, P. J. (2018). Impact of JIT, TQM and green supply chain practices on environmental sustainability. *Journal of Manufacturing Technology Management*.
- Hair Jr, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., Sarstedt, M., Danks, N. P., Ray, S., Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2021). An introduction to structural equation modeling. *Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) using R: a workbook*, 1-29.
- Henao, R., Sarache, W., & Gómez, I. (2019). Lean manufacturing and sustainable performance: Trends and future challenges. *Journal of Cleaner Production*, 208, 99-116. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.116>
- Hernández Matías, J. C., & Vizán Idoipe, A. (2013). *Lean manufacturing. Concepto, técnicas e implantación*. EOI ESCUELA DE ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL.
- Hoffman, J. I. E. (2019). Chapter 9 - Outliers and Extreme Values. In J. I. E. Hoffman (Ed.), *Basic Biostatistics for Medical and Biomedical Practitioners* (2 edition ed., pp. 149-155). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817084-7.00009-7>
- IMMEX. (2021a). *Monthly statistics report - General information about maquiladoras*. IMMEX.
- IMMEX. (2021b). *Monthly statistical information - Employment* M. A. A.C.
- Isaksson, R. (2005). Economic sustainability and the cost of poor quality. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 12(4), 197-209.
- Kalyar, M. N., Shafique, I., & Abid, A. (2019). Role of lean manufacturing and environmental management practices in eliciting environmental and financial performance: the contingent effect of institutional pressures. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(24), 24967-24978. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11356-019-05729-3>
- Kazi, A. M., & Khalid, W. (2012). Questionnaire designing and validation. *Journal of the Pakistan Medical Association*, 62(5), 514.
- Kock, N. (2018). *WarpPLS 6.0 User Manual*. ScriptWarp Systems.
- Kock, N. (2019a). Factor-based structural equation modeling with WarpPLS. *Australasian Marketing Journal (AMJ)*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ausmj.2018.12.002>
- Kock, N. (2019b). From composites to factors: Bridging the gap between PLS and covariance-based structural equation modelling [Article]. *Information Systems Journal*, 29(3), 674-706. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/isj.12228>

- Krishnan, S., Mathiyazhagan, K., & Sreedharan, V. R. (2020). Developing a hybrid approach for lean six sigma project management: A case application in the reamer manufacturing industry. *IEEE Transactions on Engineering Management*.
- Kumar, N., & Mathiyazhagan, K. (2020). Sustainability in lean manufacturing: A systematic literature review [Review]. *International Journal of Business Excellence*, 20(3), 295-321. <https://doi.org/10.1504/IJBEX.2020.106383>
- Kumar, V., Verma, P., Mangla, S. K., Mishra, A., Chowdhary, D., Sung, C. H., & Lai, K. K. (2020). Barriers to total quality management for sustainability in Indian organizations. *International Journal of Quality & Reliability Management*.
- Lacerda, A. P., Xambre, A. R., & Alvelos, H. M. (2016). Applying Value Stream Mapping to eliminate waste: a case study of an original equipment manufacturer for the automotive industry. *International Journal of Production Research*, 54(6), 1708-1720.
- Liu, B., Xue, B., Meng, J., Chen, X., & Sun, T. (2020). How project management practices lead to infrastructure sustainable success: an empirical study based on goal-setting theory. *Engineering, Construction and Architectural Management*.
- Loeb, S., Dynarski, S., McFarland, D., Morris, P., Reardon, S., & Reber, S. (2017). Descriptive Analysis in Education: A Guide for Researchers. NCEE 2017-4023. *National Center for Education Evaluation and Regional Assistance*.
- Louw, A. (2012). Investigating the benefits of using selected lean techniques at a south african exhaust manufacturer - A case study. Proceedings of International Conference on Computers and Industrial Engineering, CIE,
- Marquez Figueroa, L. J., Garcia Alcaraz, J. L., Diaz Reza, J. R., & Gil López, A. J. (2023). Lean Manufacturing Tools Applied to Human Resource Management and its Impact on Social Sustainability. *Enfoque UTE*, 14(4), 44-52. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.993>
- Márquez Figueroa, L. J., García Alcaraz, J. L., Díaz Reza, J. R., & Quintana Alvarado, J. (2025). Gemba. In J. L. García Alcaraz, G. C. Robles, & A. Realyvásquez Vargas (Eds.), *Lean Manufacturing in Latin America: Concepts, Methodologies and Applications* (pp. 385-408). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-70984-5_17
- Márquez Figueroa, L. J., García Alcaraz, J. L., & Realyvásquez Vargas, A. (2025). One-Piece Flow. In J. L. García Alcaraz, G. C. Robles, & A. Realyvásquez Vargas (Eds.), *Lean Manufacturing in Latin America: Concepts, Methodologies and Applications* (pp. 193-213). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-70984-5_9
- Milosevic, M., D'Japan, M., D'Amato, R., Ungureanu, N., & Ruggiero, A. (2021). Sustainability of the Production Process by Applying Lean Manufacturing Through the PDCA Cycle—A Case Study in the Machinery Industry. International Conference on Manufacturing Engineering and Materials,
- Nastasia, M., & Mironeasa, C. (2019). Key performance indicators in small and medium sized enterprises. *Total quality management*, 1(2).
- Nick, T. G. (2007). Descriptive statistics. *Topics in biostatistics*, 33-52.
- Olaitan, O., Rotondo, A., Geraghty, J., & Young, P. (2019). Benefits and challenges of lean manufacturing in make-to-order systems. In *Lean Manufacturing: Implementation, Opportunities and Challenges* (pp. 57-78). Nova Science Publishers, Inc. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85077835508&partnerID=40&md5=97cc0ac0d495d1d1957c957c6c5e8912>
- Ozelkan, E., Gary Teng, S., Johnson, T., Benson, T., & Nestvogel, D. (2007). A collaborative case study for teaching "achieving lean system benefits in manufacturing and supply chains" to engineering management students. ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings,
- Patel, H. R., & Joseph, J. M. (2016). Questionnaire designing process: A review. *Journal of Clinical Trials*, 6(2), 2-7.
- R, B. R., Vinodh, S., & P, A. (2020). Development of structural equation model for Lean Six Sigma system incorporated with sustainability considerations. *International Journal of Lean Six Sigma*, 11(4), 687-710. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-11-2018-0123>

- Realyvásquez-Vargas, A., Arredondo-Soto, K. C., Carrillo-Gutiérrez, T., & Ravelo, G. (2018). Applying the Plan-Do-Check-Act (PDCA) cycle to reduce the defects in the manufacturing industry. A case study. *Applied Sciences*, 8(11), 2181.
- Reza, J. R. D., Alcaraz, J. L. G., & Figueroa, L. J. M. (2023). Beneficios de Gestión Visual sobre Justo a Tiempo en la industria maquiladora. *CULCyT: Cultura Científica y Tecnológica*, 20(2), 1.
- Romero, L., & Arce, A. (2017). Applying value stream mapping in manufacturing: A systematic literature review. *IFAC-PapersOnLine*, 50(1), 1075-1086.
- Sahoo, S. (2019). Lean manufacturing practices and performance: the role of social and technical factors [Article]. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 37(5), 732-754. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-03-2019-0099>
- Sahoo, S. (2020). Assessing lean implementation and benefits within Indian automotive component manufacturing SMEs [Article]. *Benchmarking*, 27(3), 1042-1084. <https://doi.org/10.1108/BIJ-07-2019-0299>
- Saltelli, A., Jakeman, A., Razavi, S., & Wu, Q. (2021). Sensitivity analysis: A discipline coming of age. *Environmental Modelling & Software*, 146, 105226.
- Sartal, A., Llach, J., Vázquez, X. H., & de Castro, R. (2017). How much does Lean Manufacturing need environmental and information technologies? *Journal of Manufacturing Systems*, 260-272.
- Schretlen, S., Hoefsmit, P., Kats, S., van Merode, G., Maessen, J., & Zandbergen, R. (2021). Reducing surgical cancellations: a successful application of Lean Six Sigma in healthcare. *BMJ Open Quality*, 10(3), e001342. <https://doi.org/10.1136/bmj-oq-2021-001342>
- Serrano Lasa, I. (2007). *Análisis de la aplicabilidad de la técnica Value Stream Mapping en el rediseño de sistemas productivos*. Universitat de Girona.
- Sîrbu, D., & Băişan, C. E. (2014). Lean manufacturing benefits in a pharmaceutical production plant. In *Applied Mechanics and Materials* (Vol. 657, pp. 991-995).
- Stoll, T. S., & Guillard, J. F. (2009). Harvesting the benefits of LEAN in biopharmaceutical manufacturing [Review]. *BioPharm International*, 22(10), 36-49. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-77951639920&partnerID=40&md5=56dc3413e6f9f8727c772ea373323856>
- Tasdemir, C., & Gazo, R. (2019). Validation of Sustainability Benchmarking Tool in the Context of Value-Added Wood Products Manufacturing Activities. *Sustainability (Switzerland)*. <https://doi.org/10.3390/su11082361>
- Vinodh, S., & P, A. (2020). Development of structural equation model for Lean Six Sigma system incorporated with sustainability considerations. *International Journal of Lean Six Sigma*, 11(4), 687-710.
- Yadav, O. P., Nepal, B. P., Rahaman, M. M., & Lal, V. (2017). Lean Implementation and Organizational Transformation: A Literature Review [Article]. *EMJ - Engineering Management Journal*, 29(1), 2-16. <https://doi.org/10.1080/10429247.2016.1263914>
- Yokoyama, T. T., de Oliveira, M. A., & Futami, A. H. (2019). A systematic literature review on lean office [Article]. *Industrial Engineering and Management Systems*, 18(1), 67-77. <https://doi.org/10.7232/iems.2019.18.1.067>
- Chauhan, G., & Singh, T. (2012). Measuring parameters of lean manufacturing realization. *MEASURING BUSINESS EXCELLENCE*, 57-71.
- Durakovic, B., Demir, R., Abat, K., & Emek, C. (2018). Lean Manufacturing: Trends and Implementation Issue. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 130-143.
- Escobedo Portillo, M. T., Hernández Gómez, J. A., Ortega, V. E., & Martínez Moreno, G. (2016). Modelos de Ecuaciones Estructurales: Características, Fases, Construcción, Aplicación y Resultados. *Ciencia & Trabajo*, 16-22.

- García-Alcaraz, J. L., Flor Montalvo, F. J., Avelar-Sosa, L., Pérez de la Parte, M. M., Blanco-Fernández, J., & Jiménez-Macías, E. (2020). The importance of access to information and knowledge coordination on quality and economic benefits obtained from Six Sigma. *Wireless Networks*, 5713-5726.
- García-Alcaraz, J. L., Flor Montalvo, F. J., Sánchez-Ramírez, C., Avelar-Sosa, L., Marmolejo Saucedo, J. A., & Alor-Hernández, G. (2021). Importance of organizational structure for TQM success and customer satisfaction. *Wireless Networks*, 1601-1614.
- Ghobakhloo, M., Fathi, M., Martins Fontes, D., & Ching, N. (2018). Modeling lean manufacturing success. *Modelling in Management*, 908-931.
- Gil, A. J., García-Alcaraz, J. L., & Mataveli, M. (2018). The effect of learning culture on training transfer: empirical evidence in Spanish teachers. *The International Journal of Human Resource Management*, 1038-1061.
- Hao, Z., Liu, C., & Goh, M. (2021). Determining the effects of lean production and servitization of manufacturing on sustainable performance. *Sustainable Production and Consumption* 25, 374-389.
- Hernández Matías, J., & Vizán Idoipe, A. (2013). *Lean manufacturing. Concepto, técnicas e implantación*. Madrid: EOI ESCUELA DE ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL.
- IBM. (2021, May 20). *IBM*. Retrieved from IBM - SPSS Software: <https://www.ibm.com/mx-es/analytics/spss-statistics-software>
- IBM. (2021, Mayo 20). *IBM*. Retrieved from IBM SPSS Amos: <https://www.ibm.com/mx-es/products/structural-equation-modeling-sem>
- Manzano Patiño, A. P. (2017). Introducción a los modelos de ecuaciones estructurales. *Investigación en Educación Médica*, 67-72.
- Panwar, A., Nepal, B., Jain, R., & Singh Rathore, A. (2015). On the adoption of lean manufacturing principles in process industries. *Production Planning & Control*, 564-587.
- Sartal, A., Llach, J., Vázquez, X., & de Castro, R. (2017). How much does Lean Manufacturing need environmental and information technologies? *Journal of Manufacturing Systems*, 260-272.

9 Anexos

Anexo 9.1 Cuestionario en español <https://forms.gle/2kZrCC3CSAbvuPRj9>

Efecto de las herramientas de LM en los resultados de sustentabilidad de las empresas

Actualmente, la eficiencia y la eficacia son fundamentales para tener resultados favorables y lograr un crecimiento exitoso para cualquier empresa. La implementación de las herramientas de Lean Manufacturing (LM) se convierten en un pilar esencial que gestiona mejor las anomalías relacionadas con la calidad, los costes, los residuos y los tiempos del proceso. Aplicando conjuntamente los principios caracterizados, las prácticas que conllevan y una serie de herramientas necesarias, además, JLM tiene una filosofía de liderazgo, trabajo en equipo y resolución de problemas, que les guía hacia la mejora continua en toda la empresa.

***Obligatorio**

Información demográfica

A continuación, se solicita información demográfica. Seleccione la opción que corresponda a su caso

1. Años de experiencia en su puesto de trabajo *

Marca solo un óvalo.

- 0 a 1
- 1 a 2
- 2 a 5
- 5 a 10
- Más de 10

Effect of Lean Manufacturing Tools on the Company's Sustainability Performance

Currently, efficiency and effectiveness are critical to have favorable results and achieve successful growth for any company. Implementing the Lean Manufacturing (LM) tools becomes an essential pillar that better manages anomalies related to quality, costs, waste, and process times. Jointly applying the characterized principles, the practices that entail it, and a series of necessary tools besides, Lean Manufacturing has a philosophy of leadership, teamwork, and problem solving, which guides them towards continuous improvement throughout the company.

***Obligatorio**

Effect of Lean Manufacturing Tools on the Company's Sustainability Performance

Demographic data

Demographic information is requested below. Select the option that applies to your case.

1. Years of experience at your job? *

Marca solo un óvalo.

- 0 - 1
- 1 - 2
- 2 - 5
- 5 - 10
- + 10