



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

POSGRADO EN CIENCIAS DE LA ADMINISTRACIÓN

**Modelo de integración entre la filosofía Lean Six  
Sigma con el Balanced Scorecard para la  
implementación exitosa en PyMEs**

**TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
**MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL**

PRESENTA:

Q.F.B. LUIS GERARDO REYES GARCÍA

Director de Tesis:

M. A. I. Luis Miguel Muñoz Hernández  
Facultad de Química

Ciudad Universitaria, Cd. Méx.

Nov. 2020



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



## Dedicatoria

*A ti **Johana**, un nuevo paso juntos.*

*A ti **Jazmín** que te quedabas dormida esperando mi regreso de la Facultad de Química, a ti la dedico muy especialmente.*

*A ti **Rafael**, siempre estarás en mi corazón.*



## Agradecimientos

Esta obra está dedicada para todas las personas que con su amistad y cariño han contribuido en mi formación tanto personal como profesional.

Un muy especial agradecimiento al **M. en A. I. Luis Miguel Muñoz Hernández** director de tesis y a los sinodales el **Ing. Francisco Nieto Colin**, el **M. en A. I. Arturo Rubén Valles Terrazas**, el **M. en A. I. Efrén Hernández Bautista** y el **M. en A. I. Marcos Enríquez Rodríguez** que atreves de su guía y aportaciones esenciales se logró el objetivo planteado, mi más infinito agradecimiento.

A mis padres Gerardo Reyes y Susana García y hermanos Antonio Reyes, Nancy Reyes, Daniela Reyes y Diego Iván Reyes que siempre me alientan a continuar.

A mis compañeros de trabajo: Jorge Cruz, Rogelio Juárez, Néstor Chávez, Sergio Bueno, Melby Mendoza, Gabriel Arroyo, Roció Longoria, Eva Santos, Yadira Hernández, José Zarazúa, Columba Barrera, Osbaldo Montoya, José Pámanes, Fany Gutiérrez, Luis Vázquez y Máximo Martínez por sus apoyo y aportaciones.

A los Laboratorios de Especialidades Inmunológicas, S.A. de C.V. y a la Familia Padierna-Mota por su apoyo y apertura para permitirme realizar la presente investigación.

A la Universidad Nacional Autónoma de México que a través de la Facultad de Química y al Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración me brindaron la oportunidad de adquirir los conocimientos necesarios para desarrollar el presente trabajo de investigación.



## TABLA DE CONTENIDO

Resumen Ejecutivo.....	8
Introducción .....	9
Antecedentes.....	10
Planteamiento del problema .....	11
Objetivo de investigación .....	12
Hipótesis.....	12
Alcance.....	13
Metodología de investigación.....	13
Capítulo Uno: Marco Teórico .....	16
1.1 Lean Six Sigma .....	17
1.1.1 Un poco de historia sobre Lean Operations y Six Sigma.....	18
1.1.2 ¿Qué es Lean Six Sigma y porque implementarlos juntos?.....	19
1.1.3 La sinergia entre Lean y Six Sigma .....	20
1.1.4 Conceptos erróneos sobre Lean Operations y Six Sigma .....	21
1.1.5 Cinco principios del Pensamiento Esbelto (Lean thinking).....	23
1.1.6 El método Six sigma .....	25
1.1.7 Enfoque a procesos .....	27
1.2 Balanced Scorecard .....	29
1.2.1 El Cuadro de Mando Integral.....	30
1.2.2 Mapas estratégicos .....	30
1.2.3 Sistema de gestión estratégica integral .....	32
Capítulo Dos: Resultados de la revisión sistemática .....	34
2.1 Resultados de la revisión sistemática de la literatura.....	35
2.2 Marcos de referencia LSS.....	42
2.3 Factores críticos de éxito LSS.....	48
2.4 Interacción Lean Six Sigma con el cuadro de mando integral .....	51
Capítulo Tres: Caso de estudio.....	53
3.1 Laboratorios de Especialidades Inmunológicas, S.A. de C.V. ....	54
3.2 Establecimiento de la estrategia. ....	55
3.2 Alinear los procesos a la estrategia de la organización. ....	60
3.3 Desarrollo de los proyectos de mejora.....	61



3.3.1	Fase 1: Definir.....	62
3.3.2	Fase 2: Medir .....	63
3.3.3	Fase 3: Analizar .....	66
3.3.4	Fase 4: Mejorar.....	67
3.3.5	Fase 5: Controlar.....	70
Capítulo Cuatro: Modelo Estratégico Lean Six Sigma .....		73
4.1	Porque integrar Lean Six Sigma con el Balanced Scorecard .....	74
4.2	Estructura del Modelo Lean Six Sigma Estratégico (LSS <sup>E</sup> ).....	74
4.2.1	Definición de los temas estratégicos.....	76
4.2.2	Trasladando la estrategia a la operación interna. ....	78
4.2.3	Desarrollando las iniciativas de mejora.....	79
4.2.4	Evaluación en términos operativos y organizacionales.....	81
Conclusiones .....		83
Referencias bibliográficas .....		84
Apéndice A. Demografía de los Negocios en México (INEGI).....		89
Apéndice B. Grupos de procesos y áreas del conocimiento para la dirección de proyectos .....		90
Anexo 1. Descripción de las etapas del mapa de procesos general de los LEI .....		91



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Causas que inciden en el fracaso de las PyMEs .....	10
Figura 2. Metodología de la investigación planteada. ....	14
Figura 3. Naturaleza de la ventaja competitiva. Modificado de (Arnheiter y Maleyeff, 2005). .....	21
Figura 4. Tipos de desperdicios. ....	24
Figura 5. El aumento en el aumento de los niveles sigma, disminuye el número de defectos.....	26
Figura 6. Modelo general de un proceso Lean Six Sigma (Taghizadegan, 2006).....	28
Figura 7. Traducción de visión y estrategia: cuatro perspectivas.....	31
Figura 8. Visión y estrategia: mapa estratégico.....	32
Figura 9. Sistema de gestión estratégica: uniendo la estrategia a la operación .....	33
Figura 10. Marco propuesto por (Kumar, et al. 2006) para la implementación de Lean Sigma en la organización. ....	42
Figura 11. Esquema del ciclo Lean Sigma. Publicado por (Thomas, <i>et al.</i> 2009). ....	43
Figura 12. Fases del Ciclo Lean Sigma.....	44
Figura 13. Fases y pasos del marco de implementación LSS publicado por (Timans <i>et al.</i> , 2016). ....	45
Figura 14. Marco de implementación EMSE. Publicado por (Arcidiacono, <i>et al.</i> 2016).....	46
Figura 15. Marco de investigación utilizado por (Jayaraman, <i>et al.</i> 2012) para la evaluación de nueve factores críticos. ....	48
Figura 16. Estructura organizacional de los LEI.....	54
Figura 17. Temas estratégicos.....	55
Figura 18. Diagrama de Pareto para los atributos de servicio (voz del cliente). ....	57
Figura 19. Actores organizacionales y su relación causa-efecto.....	59
Figura 20. Diagrama general de la gestión de la empresa (Nivel 1).....	60
Figura 21. Mapa de ruta para el desarrollo de mejoras LSS.....	62
Figura 22. Mapa del estado presente. ....	63
Figura 23. Análisis de capacidad de proceso para el proceso de recepción.....	64
Figura 24. Estadística descriptiva para el proceso de recepción .....	65
Figura 25. Análisis de capacidad de proceso para el proceso de aceptación.....	65
Figura 26. Estadística descriptiva para el proceso de recepción. ....	66
Figura 27. Diagrama de causa Efecto (recepción).....	66
Figura 28. Diagrama de causa Efecto (aceptación).....	67
Figura 29. Análisis de capacidad de proceso para el proceso de recepción.....	68
Figura 30. Estadística descriptiva para el proceso de recepción .....	68
Figura 31. Análisis de capacidad de proceso para el proceso de aceptación.....	69
Figura 32. Estadística descriptiva para el proceso de aceptación. ....	69
Figura 33. Mapa del estado futuro.....	70
Figura 34. Etapas del modelo Lean Six Sigma Estrategico.....	75
Figura 35. Estructura para la implementación de LSS en una organización.....	76



Figura 36. Equilibrio entre Lean Six Sigma y el Balanced Scorecard.....	77
Figura 37. Trasladar los objetivos estratégicos a iniciativas de mejora operacional interna. .....	78
Figura 38. Desarrollando las iniciativas de mejora. ....	80
Figura 39. Evaluación de la mejoras .....	81
Figura 40. Modelo de implementación LSS <sup>E</sup> .....	82

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterios de selección de artículos. ....	14
Tabla 2. Puntos clave para la extracción de información y análisis de caso.....	15
Tabla 3. Niveles Sigma.....	27
Tabla 4. Resultados de la búsqueda bibliográfica. ....	35
Tabla 5. Resumen de los resultados arrojados en la revisión sistemática de literatura .....	37
Tabla 6. Cuatro fases del modelo de gobernó EMSE y puntos clave.....	47
Tabla 7. Resultados del análisis de regresión de las variables independientes, moderadora y dependientes (desempeño operacional y organizacional) (Obtenida de Jayaraman, <i>et al.</i> 2012).....	49
Tabla 8. Frecuencia de los factores críticos de éxito determinado a partir de la revisión de la literatura de estudios en Brasil, Tailandia, Malasia, Reino Unido, Australia e India (Obtenida de Lande, <i>et al.</i> 2016). ....	50
Tabla 9. Perspectivas, objetivos y mediciones LSS. ....	51
Tabla 10. Análisis de voz del cliente. ....	56
Tabla 11. Balanced Scorecard Operativo.....	58
Tabla 12. Comparación de los procesos antes y después. ....	71

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Lean Six Sigma.....	19
Ecuación 2. Relación LSS.....	21
Ecuación 3. Relación Causa-Efecto.....	27
Ecuación 4. Voz del cliente.....	57



---

## **Resumen ejecutivo**

---

El presente trabajo describe un modelo de integración para la implementación conjunta del Balanced Scorecard con la filosofía de calidad Lean Six Sigma como resultado de la revisión sistemática de literatura en la plataforma Scopus y el análisis observacional estructurado mediante un caso de estudio de implementación y ejecución de proyectos de mejora en los Laboratorios de Especialidades Inmunológicas, S.A. de C.V.

El modelo llamado Lean Six Sigma Estratégico (LSS<sup>E</sup>) establece el uso del Balanced Scorecard como instrumento de selección y evaluación de proyectos estratégicos para el desarrollo de la empresa usando la caja de herramientas Lean Six Sigma para la implementación de estos. El marco de referencia propuesto contempla cuatro etapas 1) desarrollo del mapa estratégico, 2) traslado de los temas estratégicos a iniciativas de mejora operacional interna, 3) desarrollo de las iniciativas y 4) evaluación de las iniciativas en términos operativos y organizacionales como gestor de desempeño de la empresa.



---

## **Introducción**

---

En la era de la industria global, el conocimiento se convierte en un instrumento indispensable, las empresas deben ser capaces de centrarse en el progreso tanto intelectual como tecnológico para seguir innovando y creando productos y servicios que permita mantenerse en el mercado. Además, el entorno económico, político y social cambiante exige que continúen prestando atención en la eficiencia, los costos y la calidad.

La calidad puede considerarse buena si se tienen procedimientos y controles efectivos en varias etapas de producción, mejorar la calidad reducirá desperdicios y aumentará la producción además de ganancias en la empresa debido a la optimización de recursos. Para identificar y reducir el desperdicio, los administradores de operaciones y gerentes de manufactura utilizan el enfoque Lean Six Sigma (LSS). Six Sigma (Seis Sigma) se enfoca en el desempeño del proceso para reducir la variación del producto, mientras que Lean Operations (operaciones esbeltas) se enfoca en reducir la complejidad del proceso.

Vivir el enfoque Lean Six Sigma significa mirar a la organización bajo un microscopio y observar la unidad mínima estructural y funcional de cualquier organización “el proceso”, mejorar el proceso de manera independiente ayuda a mejorar los resultados de la empresa de manera parcial por lo que es necesario optimizarlo desde un punto de vista holístico (observar la película completa) introducir el enfoque Lean Six Sigma a la estrategia no solo desde un enfoque operativo sino también organizacional haciéndolos que trabajen juntos en forma simbiótica, codependiente y sinérgica.

El presente trabajo de investigación para obtener el título de Maestro en Administración Industrial describe un marco de referencia para la integración del enfoque Lean Six Sigma con el Balanced Scorecard (cuadro de mando integral) de manera sencilla y efectiva que apoye en el crecimiento de las PyMEs que decidan utilizarlo como modelo de mejora en su organización.



## Antecedentes

En México la mayoría de las empresas son micro, pequeñas y medianas esto hace que gran parte de la actividad económica y el empleo está ligado a ellas, por lo que su éxito es fundamental para el bienestar social y económico de los mexicanos.

Según datos de la Comisión Nacional para la Protección y Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros (CONDUSEF) las micro, pequeñas y medianas empresas (MiPyMEs) generan 72 % del empleo y 52 % del Producto Interno Bruto (PIB) del país. En México hay más de 4.1 millones de microempresas que aportan 41.8 % del empleo total. Las pequeñas suman 174,800 y representan 15.3 % de empleabilidad; por su parte, las medianas llegan a 34,960 y generan 15.9 % del empleo.

La esperanza de vida al nacimiento de los negocios en México es apenas de 7,8 años y la probabilidad de supervivencia a los dos años es del 42,09%, sin embargo, también es sabido que la tasa de mortalidad de las empresas disminuye a medida que aumenta la edad de estas (INEGI, Apéndice A).

Para (Molina, et al. 2011) las causas que más inciden en el fracaso de las pequeñas y medianas empresas (PyMEs) en México son (Figura 1):



**FIGURA 1. CAUSAS QUE INCIDEN EN EL FRACASO DE LAS PYMES**



En adición a las anteriores (Navarrete y Sansores, 2011) describen como factores que impiden el crecimiento: escasa formación de desarrollo de habilidades empresariales, poca capacidad de producción, insuficientes sistemas de información, desconocimiento del mercado, problemas de comercialización, falta de vinculación con programas para el desarrollo e innovación tecnológica y dificultad para el acceso a financiamiento.

---

## **Planteamiento del problema**

---

Empresas de clase mundial tales como Motorola, General Electric, Toyota, Nissan, etc., han sido ejemplo de efectividad en sus operaciones mediante la aplicación de diferentes modelos de calidad y mejora de procesos siendo los más representativos; Lean Operations y la metodología Six Sigma, además de buscar un elemento diferenciador de la competencia, buscando mejorar por el lado de la calidad su presencia en el mercado.

Sin embargo, pocas de las organizaciones mexicanas han adoptado este tipo de modelo de calidad de manera individual o fusionada, ya sea por desconocimiento, falta de confianza o escepticismo sobre el impacto en la eficiencia y eficacia que estos podrían generar en las actividades de valor de la empresa.

En México se han implementado para la industria manufacturera y automotriz (Reyes Aguilar, 2002), sin embargo, se han descritos pocos trabajos para la implementación en PyMES (Peimbert-García et al., 2019).

Para (Felizzola Jiménez y Luna Amaya, 2014) la implementación de Lean Six Sigma (LSS) en PyMEs no tiene los resultados y beneficios esperados como las grandes empresas por factores como: falta de sistemas de medición, uso de indicadores de gestión, la falta de alineación entre los proyectos y los objetivos estratégicos; falta de compromiso de la gerencia, la priorización de los proyectos con alto impacto estratégico a corto plazo; falta de articulación de los proyectos con las necesidades y expectativas de los clientes y la dificultad para ejecutar proyectos LSS de forma sistemática.

Existen un número limitado de estudios sobre la implementación de Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas (PyMEs). Algunas de estas investigaciones se centran en los factores críticos de éxito y las barreras en la implementación. Solo algunos se han centrado en describir un marco de referencia



para la implementación desde un punto de vista estratégico. Y ninguna utilizando el Balanced Scorecard como instrumento de selección, implementación y asimilación de los proyectos LSS en la cultura organizacional.

Después de las consideraciones anteriores el presente trabajo de investigación se centró en diseñar y describir un modelo o marco de referencia para la integración de la filosofía de calidad Lean Six Sigma con el Balanced Scorecard de manera lógica y coherente que que apoye al desarrollo de las PyMEs en México.

---

## **Objetivo de investigación**

---

### **Objetivo general:**

Diseñar y describir un modelo para la integración de Lean Six Sigma con el Balanced Scorecard que permita su implementación conjunta para el desarrollo operativo y estratégico de las PyMEs en México.

### **Objetivos específicos:**

1. Identificar los marcos de referencia existentes para la implementación de LSS en PyMEs.
2. Determinar los aspectos críticos para el éxito de la implementación de Lean Six Sigma en PyMEs.
3. Analizar el uso de Balanced Scorecard en una PyME y su interacción con la filosofía Lean Six Sigma.
4. Implementar un proyecto de mejora utilizando la filosofía Lean Six Sigma en los Laboratorios de Especialidades Inmunológicas, S.A. de C.V.

---

## **Hipótesis**

---

Es posible integrar las filosofías de calidad Lean Operations y Six Sigma con el Balanced Scorecard en un modelo que gestione el desempeño y apoye al desarrollo de las PyMEs en México.



---

## **Alcance**

---

El presente trabajo de investigación se centrará en diseñar y describir un marco de referencia para la integración de las filosofías de calidad Lean Operations y Six Sigma con el Balanced Scorecard a partir de una revisión sistemática de bibliografía<sup>1</sup> en la base de datos *scopus* (<https://www.scopus.com>) y un análisis de caso durante la implementación de proyectos de mejora utilizando la filosofía LSS en los Laboratorios de Especialidades Inmunológicas, S.A. de C.V.

El principio para unir estas tres metodologías está pensado para potencializar de manera sinérgica el efecto que tienen cada una de manera individual sobre la productividad, calidad, innovación y planeación estratégica.

---

## **Metodología de investigación**

---

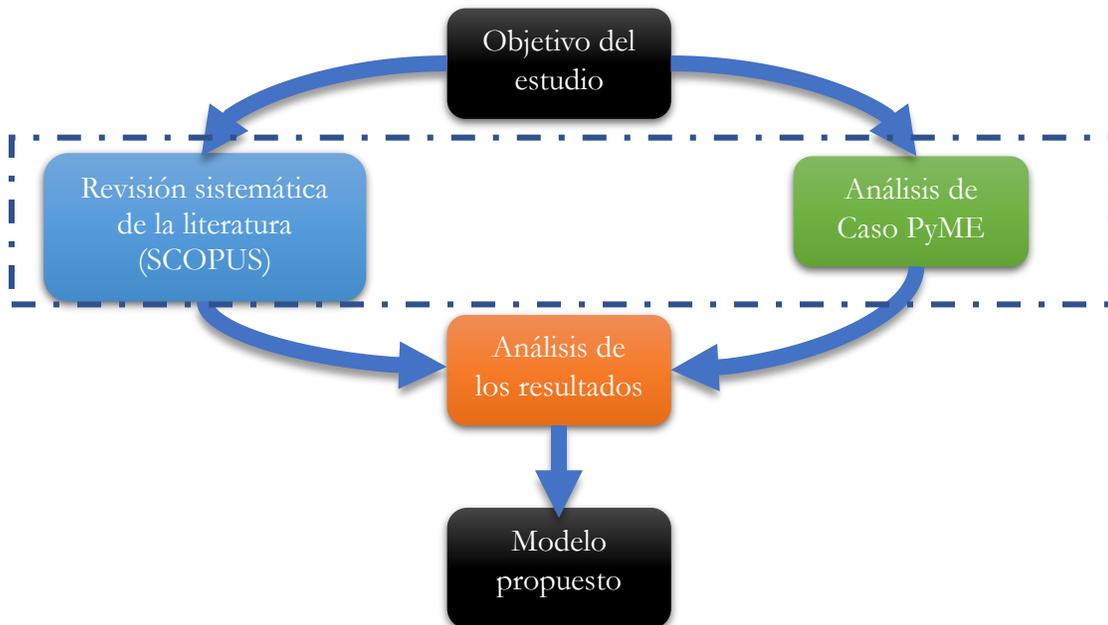
Para lograr el objetivo de investigación, se realizó una búsqueda sistematizada de la literatura utilizando de la base de datos electrónica *scopus* (<https://www.scopus.com>) con el propósito de identificar los marcos de referencia existentes para la implementación, los factores críticos de éxito para la implementación de Lean Six Sigma en PyMEs y su interacción con el Balanced Scorecard.

Además, se describe el análisis de caso durante la implementación de un proyecto de mejora Lean Six Sigma en una PyME (Laboratorios de Especialidades Inmunológicas, S.A. de C.V.) dedicada a realizar servicios científicos para la industria farmacéutica humana, veterinaria, cosmética y de análisis clínicos (<http://www.lei.mx>).

---

<sup>1</sup> La revisión sistemática de la literatura es “un método sistemático, explícito, completo y reproducible para identificar, evaluar y sintetizar el cuerpo existente de trabajo completado y registrado producido por investigadores, maestros y practicantes” (Tranfield y et al. 2003).

La investigación, el análisis de los datos y la propuesta del modelo de integración se realizará como a continuación se describe:



**FIGURA 2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN PLANTEADA.**

Los criterios para la inclusión y selección de artículos arbitrados durante la búsqueda en base de datos electrónica “scopus” se realizará como a continuación se describe:

**TABLA 1. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE ARTÍCULOS.**

<b>Base de datos</b>	<b>Scopus:</b> Es una base de datos de citas y resúmenes de bibliografía revisada por pares: revistas científicas, libros y actas de conferencias.
<b>Criterios de búsqueda</b>	Palabras clave: “Lean Six Sigma”, “PyMEs (SME)”, “Balanced Scorecard” y “Framework (marco de referencia)”.
<b>Criterios de inclusión</b>	Artículos publicados en revistas especializadas entre 2005 y 2019. Artículos que destaquen los factores críticos de éxito. Solo artículos donde se describa la implementación de Lean Six Sigma de manera conjunta.
<b>Criterios de exclusión</b>	Cualquier publicación antes de 2005. Libros, sitios en línea y literatura gris (conferencias, informes, informes técnicos, etc.).
<b>Revisión de artículos</b>	Se filtrarán los artículos con base al ranking de número de veces citados.
<b>Extracción de la información y síntesis</b>	Modelos de implementación Lean Six Sigma en PyMEs. Factores críticos para el éxito de la implementación. Uso del Balanced Scorecard en PyMEs. Interacción de Lean Six Sigma con el Balance Scorecard aplicado a las PyMEs.



La estructura para la recopilación de datos durante el análisis de caso de estudio para el mejoramiento operativo de la empresa en cuestión se describe abajo:

**TABLA 2. PUNTOS CLAVE PARA LA EXTRACCIÓN DE INFORMACIÓN Y ANÁLISIS DE CASO.**

<b>Elementos estructurales de la empresa.</b>	Descripción general del mapa de procesos principal (primer nivel) y la relación con las áreas de soporte.
<b>Mejora de procesos</b>	Adecuación del proceso a las necesidades y expectativas de las partes interesadas.
<b>Lean Six Sigma</b>	Factores claves de éxito para la implementación de un enfoque Lean Six Sigma.
	Factores críticos que amenazan la implementación de un enfoque Lean Six Sigma.
<b>Estrategia y operación</b>	Puntos clave de unión del enfoque LSS con el Balanced Scorecard.



---

## **Capítulo Uno: Marco Teórico**

---



---

## **1.1 Lean Six Sigma**

---

Los resultados son consecuencia del sistema, no de los sistemas informáticos, sino la forma en que las personas trabajan juntas e interactúan. Y estos sistemas son el resultado de como las personas piensan y se comportan. Entonces si se quiere cambiar los resultados, se tiene que cambiar el sistema y para hacerlo se tiene que cambiar la forma de pensar.

***“Los problemas no se pueden solucionar en el mismo nivel de conciencia en el que fueron creados”.***

*Albert Einstein*



### 1.1.1 Un poco de historia sobre Lean Operations y Six Sigma

Los conceptos básicos de cuadros de control y control estadístico de procesos fueron desarrollados por Walter Shewhart en Western Electric en la década de 1920. El Dr. W. Edwards Deming instaló el control estadístico de procesos en la fabricación japonesa mientras ayudaba a Japón en sus esfuerzos de reconstrucción después de la Segunda Guerra Mundial. Los éxitos de Japón en la década de 1970 volvieron a centralizar el control estadístico de procesos en las empresas de Estados Unidos.

La gestión de calidad total fue una consecuencia natural de control estadístico de procesos, y agregó una metodología de mejora de procesos. En la década de 1980, la reingeniería de los procesos del negocio y la gestión de calidad total se hicieron populares. Por su parte la reingeniería de los procesos del negocio alentó por completo a deshacerse del viejo proceso y comenzar de nuevo, muchas veces en el contexto de la implementación de cambios en los principales sistemas de información. La gestión de calidad total se centró en un enfoque menos estructurado con los principios de calidad y mejora de procesos. Con el tiempo se unieron y se convirtieron en la metodología Six Sigma.

Por otra parte, el sistema de producción masiva que Ford utilizó para ensamblar automóviles fue la base del Sistema de Producción Toyota (TPS). El desarrollo de este enfoque de fabricación comenzó poco después de la Segunda Guerra Mundial, promovido por Taiichi Ohno y sus asociados, mientras trabajaba para la compañía de motores Toyota. Obligado por la escasez de capital y recursos, Eiji Toyoda instruyó a sus trabajadores a eliminar todos los desperdicios. Los desperdicios se definieron como "cualquier cosa que no sea la cantidad mínima de equipo, materiales, piezas, espacio y tiempo que son absolutamente esenciales para agregar valor al producto". Además, se incluyeron sistemas Justo a Tiempo (JIT por sus siglas en inglés) para activar la cadena de suministro, la producción e inspección en línea (Jidoka) y sistemas a prueba de fallas (Poka Yoke) con el tiempo el TPS proporcionó la base para lo que ahora se conoce como pensamiento lean o pensamiento esbelto (Lean Operations), popularizado por la publicación "The machine that Changed the World" (Womack et al, 1990) y Lean Thinking (Womack y Jones, 1996).

Lean Operations proporciona un término para toda la empresa que reúne cinco elementos: del proceso de fabricación, del proceso de desarrollo de productos, del proceso de gestión de proveedores, del proceso de gestión de clientes y del proceso de enfoque de políticas para la empresa (Holweg, 2007).



Ahora, Lean Operations y Six Sigma se fusionan para capitalizar lo mejor de cada filosofía; Six Sigma utiliza el enfoque de resolución de problemas a través del ciclo Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (DMAIC) gestionados como proyectos de mejora usando herramientas estadísticas. Esto potencializado con Lean Operations para eliminar el desperdicio además de organizar y simplificar los procesos.

### 1.1.2 ¿Qué es Lean Six Sigma y porque implementarlos juntos?

La frase Lean Six Sigma es usada para describir la integración de las filosofías de Lean Operations y Six Sigma. Por una parte, Six Sigma complementa a Lean Operations a medida que proporciona las herramientas y el know-how para la gestión de proyectos y a su vez Lean Operations complementa a Six Sigma al simplificar los procesos eliminando desperdicios, el ruido operativo y estableciendo un estándar.

Six Sigma da un enfoque científico y Lean Operations obedece al valor percibido por el cliente por lo tanto Lean Six Sigma es dar el valor al cliente con enfoque científico (Pepper y Spedding, 2010). De hecho, no es solo un lenguaje, una medición estadística o una técnica de gestión de procesos: también es una estrategia corporativa que involucra todo el recurso intelectual y creativo de la empresa para la mejora de sus procesos (Kwak y Anbari,2006).

#### *Lean Six Sigma*

*= Enfoque al cliente + Herramientas de analisis de datos  
+ Resultados Financieros + Mejora y flujo de procesos  
+ Gestion de Proyectos + Mejora Continua*

ECUACIÓN 1. LEAN SIX SIGMA.  
(Modificado de Kwak y Anbari,2006)

En la ecuación 1 se muestra que Lean Six Sigma requiere un enfoque administrativo holístico donde se maximice el rendimiento; no solo operacional (procesos productivos) sino también organizacional (financiero), enfocándose en las necesidades y expectativas del cliente (CTQ: critical to quality) a través del despliegue de proyectos de mejora.

Para algunos autores (Arnheiter y Maleyeff, 2005; Duarte, 2012) los dos enfoques a menudo son implementados de manera aislada creando subculturas que surgen dentro de la organización, lo que puede causar un conflicto de interés y desperdicio de recursos si no se implementan de manera conjunta.



### 1.1.3 La sinergia entre Lean y Six Sigma

El término sinergia proviene del griego (synérgeia) que significa “cooperación” y puede entenderse como “trabajo en conjunto” para la realización de una tarea compleja y conseguir el éxito.

Para obtener esta sinergia la organización Lean Six Sigma debe capitalizarse sobre las fortalezas de ambos programas (Arnheiter y Maleyeff, 2005):

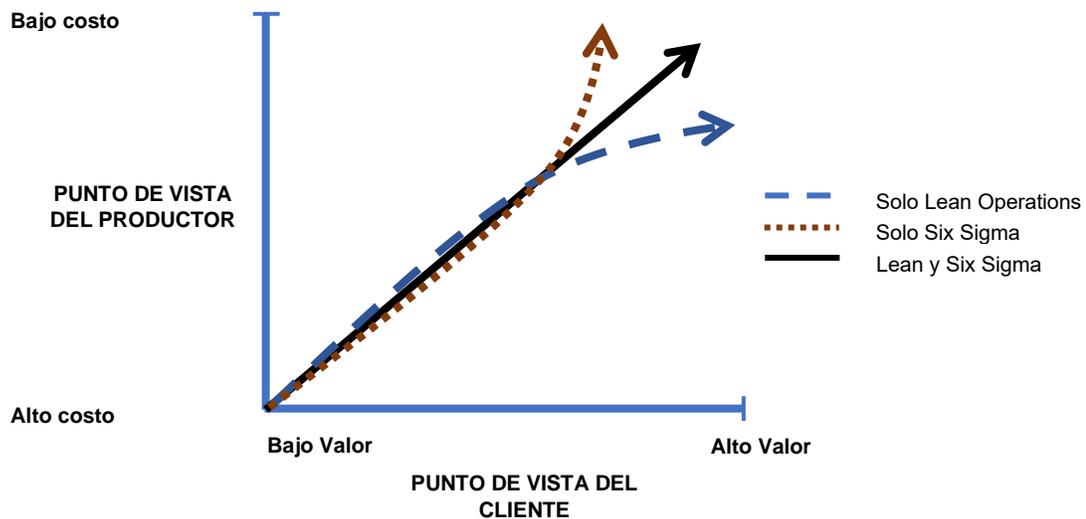
#### Lean Operations

- 1) Buscar maximizar el contenido de valor agregado en todas las operaciones.
- 2) Evaluar constantemente el sistema para garantizar que las modificaciones resulten en una optimización global en lugar de una optimización local.
- 3) Establecer un proceso que gestione la toma de decisiones y que base cada decisión sobre su impacto relativo en el cliente.

#### Six Sigma

- 1) Se destaca por el uso metodologías basadas en datos para la toma de decisiones, de modo que los cambios se sustentan en estudios científicos.
- 2) Promover metodologías que muestren el comportamiento del proceso y a través de su análisis establecer acciones que permitan minimizar la variación en las características de calidad.
- 3) Diseñar un régimen de educación y formación altamente estructurada.

Uniendo estas seis fortalezas es posible crear una cultura unificada que garantice el éxito de la empresa; tal y como se muestra en la **Figura 3** donde se observan las mejoras que en combinación los programas pueden ofrecer, el eje horizontal representa al cliente (perspectiva de valor, calidad y tiempo de entrega) y el eje vertical representa al productor (el costo del producto o costo empresarial para proporcionar el producto o servicio). Por cualquiera de los programas se harán mejoras, pero en un momento en el tiempo, por ejemplo, para el caso de Six Sigma la nivelación de las mejoras puede deberse al énfasis por optimizar la calidad medible y las métricas de entrega, pero ignorando los cambios en los sistemas operativos básicos para eliminar las actividades innecesarias. Bajo el programa Lean Operations, la nivelación de las mejoras puede deberse al énfasis en agilizar el flujo de productos, pero hacerlo de una manera menos científica en relación con el uso de datos y métodos estadísticos de control de calidad.



**FIGURA 3. NATURALEZA DE LA VENTAJA COMPETITIVA. MODIFICADO DE (ARNHEITER Y MALEYEFF, 2005).**

Dicho en otras palabras, Six Sigma permite mejorar los críticos de calidad para el cliente (tiempo de entrega, calidad, servicio post-venta, etc.) y Lean Operations disminuye el costo y tiempo de producción a través de eliminar las actividades que no generan valor (ecuación 2).

$$\frac{\text{Six Sigma}}{\text{Lean Operations}} = \frac{\text{Mejorar la calidad (CTQ)}}{\text{Disminuir desperdicios y tiempo de producción}} = \text{Eficiencia}$$

#### ECUACIÓN 2. RELACIÓN LSS

El desarrollar un programa conjunto dentro de la organización tiene ventajas competitivas propias de cada programa, pero al implementarse en paralelo las ventajas crecen desde los puntos de vista del productor como del cliente (Arnheiter y Maleyeff, 2005).

#### 1.1.4 Conceptos erróneos sobre Lean Operations y Six Sigma

Es un hecho que Lean Operations y Six Sigma se derivaron de dos diferentes puntos de vista. La primera se derivó de la necesidad de aumentar la velocidad del flujo de producción mediante la eliminación de todas las actividades que no generan valor y la segunda se desarrolló a partir de necesidad asegurar la calidad del producto final enfocándose en obtener la más alta conformidad. Sin embargo, su



uso en el ámbito empresarial se ha distorsionado y se han generado conceptos erróneos (Arnheiter y Maleyeff, 2005).

### **Conceptos erróneos sobre Lean Operations:**

1. Lean Operations significa “despidos”. Lean Operations invita a los empleados y gerentes a trabajar juntos y eliminar las actividades sin valor agregado y encontrar la mejor manera de realizar el trabajo. El despido del empleado sería contraproducente ya que una persona con conocimiento ya no estaría disponible y los empleados restantes estarían reacios a participar en futuros proyectos de eliminación de residuos.
2. Lean Operations solo funciona en Japón. Este punto de vista no tiene fundamento, de hecho, la producción ajustada no es universal en Japón y algunas implementaciones Lean más exitosas han estado en empresas no japonesas (Emiliani, 2003).
3. Lean Operations es solo para fabricación. La producción ajustada considera cada paso del proceso como un paso de servicio, donde se agrega valor al cliente minimizando el desperdicio, por lo que puede ser practicado en cualquier empresa en el que existan clientes y actividades para satisfacer a estos clientes.

### **Conceptos erróneos sobre Six Sigma:**

1. Pensar que Six Sigma es lo nuevo impulsado por consultores de calidad (six sigma belts) al estilo de TQM (Total Quality Management, Gestión de Calidad Total), desafortunadamente habrá consultores que se suban a cualquier carro, tomen un seminario y se proclamen expertos en un programa. Sin embargo, Six Sigma se debe considerar de vanguardia en términos de gestión de calidad, ya que toma prestado ideas y herramientas de programas anteriores; por ejemplo, el enfoque de TQM en el cliente, y agrega nuevas características como una estructura de capacitación integral y amplía la definición de valor desde la perspectiva del cliente no solo la calidad, sino también el servicio y la entrega. Es justo indicar que si bien el nombre de Six Sigma puede cambiar en el futuro las características principales serán trasladadas a versiones nuevas y mejores.
2. El objetivo 3,4 DPMO (defectos por millón de oportunidades) es absoluto y debe aplicarse a cada oportunidad de tolerancia y especificación independientemente de la expectativa de valor del cliente. Como parte de Six Sigma el principio de Pareto se aplica de manera que los proyectos de mejora se centren en donde más importan.

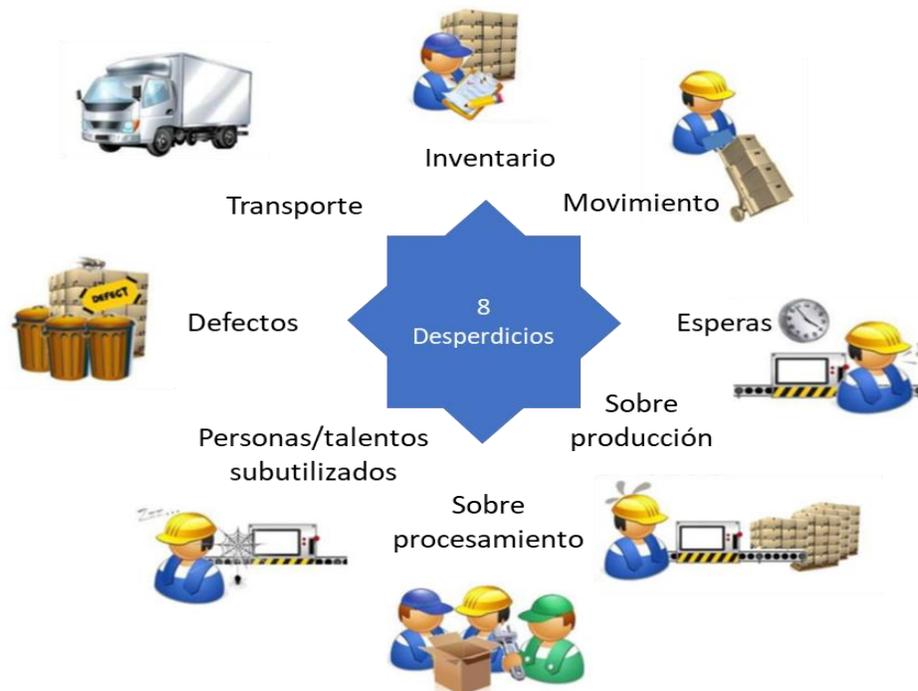


3. Solamente es un programa de calidad. Six Sigma se relaciona con toda la ecuación de valor para el cliente.

### 1.1.5 Cinco principios del Pensamiento Esbelto (Lean thinking)

Dos conceptos en el pensamiento esbelto son eliminar el desperdicio y crear valor y se basa en cinco principios establecidos por (Womack y Jones, 1996).

1. **Identificar clientes y especificar valor.** El punto de partida es reconocer que solo una pequeña fracción del tiempo y esfuerzo total en cualquier organización realmente agrega valor para el cliente final. Al definir claramente el valor de un producto o servicio específico desde la perspectiva del cliente, todas las actividades sin valor, pueden ser seleccionadas para su eliminación. El valor define el uso que un producto ofrece a un cliente y funciona hacia atrás (sistema pull o jalar) para construir el proceso de producción.
2. **Mapear e identificar el flujo de valor.** El flujo de valor es la colección de procesos y actividades en todas las partes de la organización involucradas en la entrega conjunta del producto o servicio; representa el proceso de extremo a extremo que entrega el valor al cliente. El flujo de valor no está limitado por límites entre empresas; esa es la razón para enfocarse por integrar proveedores, fabricantes, distribuidores en los esfuerzos por reconocer y analizar el flujo de valor. Además, se distinguen tres categorías principales de actividades:
  - a) Los que agregan valor;
  - b) Aquellos que no agregan valor pero que no pueden evitarse actualmente;
  - c) Y aquellos que no agregan valor y por lo tanto deben ser eliminados.
3. **Crear flujo mediante la eliminación de residuos.** El flujo reorganiza los procesos (layout de procesos) para que los productos se muevan sin problemas a través de los pasos de creación de valor.  
La eliminación del desperdicio asegura que el producto o servicio "fluya" hacia el cliente sin interrupciones, desvíos o esperas. Existen al menos ocho áreas en las que se pueden buscar formas de reducir el desperdicio (Figura 4).



**FIGURA 4. TIPOS DE DESPERDICIOS.**  
Modificado de Nunes (2015)

- a) El inventario o el almacenamiento de artículos es un desperdicio y destina efectivo que podría usarse en otro lugar.
- b) Si el movimiento de la pieza causa tensión en una persona, volver a trabajar o rediseñar los movimientos del operador podría ahorrar tiempo perdido debido a una lesión.
- c) Un operador no debe estar inactivo durante el proceso mecanizado, ya que es una pérdida de tiempo.
- d) La sobreproducción de un artículo crea basura o se vende a un precio reducido.
- e) La reelaboración de entregables (producto, servicio o actividades) es una gran fuente de gasto. Rediseñar la producción para producir la pieza de una sola manera específica es un ahorro reducido.
- f) El transporte es normal en la producción, pero considerarse parte del movimiento es innecesario, puede ahorrarse tiempo y dinero.
- g) Los defectos generan quejas, reclamos, reprocesos y merman la confianza del consumidor.
- h) Agregar procesos innecesarios, que no tienen valor para el cliente, aumenta el costo y reduce la efectividad de la producción.



4. **Atracción del cliente (sistema pull).** Se trata de comprender la demanda del cliente en su servicio y luego crear su proceso para responder a esto. De tal manera que se produce solo lo que el cliente quiere cuando el cliente lo requiere.
5. **Perseguir la perfección.** La perfección requiere un esfuerzo constante para satisfacer las necesidades del cliente y mejorar el proceso. La creación de flujo y atracción comienza con la reorganización continua de los pasos individuales del proceso. A medida que esto sucede, más y más capas de desechos se vuelven visibles y el proceso continúa hacia el punto final teórico de perfección, donde cada activo y cada acción agrega valor para el cliente final. Es la convicción de que los esfuerzos de mejora nunca se terminan, y es la consistencia de mantener la disciplina para la mejora continua (kaizen).

Al seguir estos cinco principios de Lean Operations, se desarrolla una filosofía organizacional duradera. Esto permite a la organización mantener su alto nivel de servicio al tiempo que puede crecer y flexibilizarse al entorno cambiante y lo hace mediante la implementación de un cambio sostenible (Čiarnienė y Vienažindienė, 2012).

### 1.1.6 El método Six sigma

Six Sigma, tal como se reconoce hoy, se desarrolló en Motorola a través de los esfuerzos de Bill Smith, un ingeniero de confianza, en la década de 1980 aunque en su evolución toma conceptos de TQM. El verdadero punto de inflexión en la popularidad de Six Sigma se produjo a través del trabajo de Jack Welch, el entonces CEO (Chief Executive Officer o Director Ejecutivo) de General Electric (GE) en 1995. Welch había observado el éxito experimentado a través del enfoque de Bill Smith y defendió y dirigió intensamente la metodología Six Sigma en GE (Black y Revere, 2006).

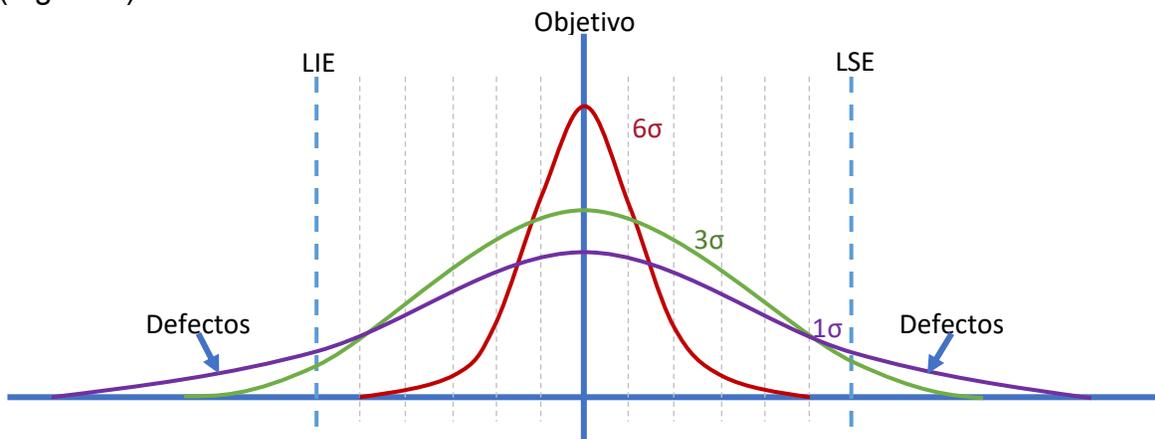
Six Sigma aporta estructura a la mejora del proceso al proporcionar un esquema más detallado del ciclo de planear-hacer-verificar-actuar de Deming, guiando la iniciativa con enfoque de gestión a través de un ciclo de cinco etapas de definir-medir-analizar-mejorar-controlar (DMAIC). Cada etapa tiene una serie de herramientas y técnicas correspondientes, como el control estadístico de procesos y el diseño de experimentos que proporciona una amplia gama de herramientas y técnicas, para medir, analizar y mejorar procesos críticos para mantener el sistema bajo control, enfocando recursos para maximizar el beneficio o reducir costos.

La capacitación del personal clave es fundamental para seguir el ciclo DMAIC de manera efectiva y obtener resultados significativos. Es esencial que Six Sigma se entienda como una filosofía, así como un enfoque científico (Andersson et al., 2006).

El método Six Sigma incluye iniciativas integrales de mejora continua, reportes y resultados financieros, herramientas avanzadas de análisis de datos, se centra en las preocupaciones del cliente y además se apoya en herramientas de gestión de proyectos (Kwak y Anbari, 2006).

El programa Six Sigma intenta batir un enemigo de los procesos: la variabilidad. La letra griega minúscula sigma ( $\sigma$ ) se usa como símbolo de la desviación estándar. Sigma ( $\sigma$ ) es, por tanto, un parámetro estadístico de dispersión que expresa la variabilidad de un conjunto de valores en un grupo de artículos o en un proceso respecto a su valor medio, de modo que, cuanto menor sea  $\sigma$  menor será el número de defectos. Sigma cuantifica la dispersión de esos valores respecto al valor medio, por tanto, fijando los límites de especificación superior e inferior respecto al valor central objetivo. Cuanto menor sea  $\sigma$ , menor será el número de valores fuera de especificaciones y en consecuencia el número de defectos.

Un nivel de calidad sigma ofrece un indicador de la frecuencia probable que ocurran defectos en el proceso; cuanto mayor sea el nivel sigma, menos probable es, crear resultados defectuosos. Los niveles sigma y los niveles de defectos correspondientes se derivan de la curva de distribución de probabilidad normal (Figura 5).



**FIGURA 5. EL AUMENTO EN EL AUMENTO DE LOS NIVELES SIGMA, DISMINUYE EL NÚMERO DE DEFECTOS.**

Six Sigma reconoce que puede existir defectos incluso en los mejores procesos. La meta final de un sistema Six Sigma es obtener 3.4 defectos por cada millón de oportunidades (Taghizadegan, 2006).



**TABLA 3. NIVELES SIGMA**

Nivel Sigma	Defectos por millón	Rendimiento
6 $\sigma$	3.4	99.9997%
5 $\sigma$	233	99.98%
4 $\sigma$	6.210	99.4%
3 $\sigma$	66.807	93.3%
2 $\sigma$	308.538	69.1%
1 $\sigma$	691.462	30.9%

Actualmente se han publicado una serie de normas ISO para la implantación de esta metodología en empresas, las cuales son: ISO 13053-1:2011, los métodos cuantitativos en la mejora de procesos Parte 1: Método DMAIC, e ISO 13053-2:2011, los métodos cuantitativos en la mejora de procesos - Six Sigma - Parte 2: herramientas y técnicas.

### 1.1.7 Enfoque a procesos

El proceso es el objeto de estudio Lean Six Sigma es el eje principal y la variabilidad un enemigo terrible. Para (Taghizadegan, 2006) la variación esta inversamente relacionada a la predictibilidad del proceso, por ejemplo, a medida que aumenta la variación, la reproducibilidad disminuye debido al aumento de la probabilidad de no conformidad.

En todo proyecto Lean Six Sigma, el problema a solucionar debe enfocarse desde la ecuación matemática que interrelacione las causas con los efectos:

Es decir:

$$\text{Salidas} = f(\text{entradas})$$

$$\text{Efecto o síntoma} = f(\text{causas})$$

$$Y = f(x);$$

$$Y=f(X_1, X_2, X_3, \dots)$$

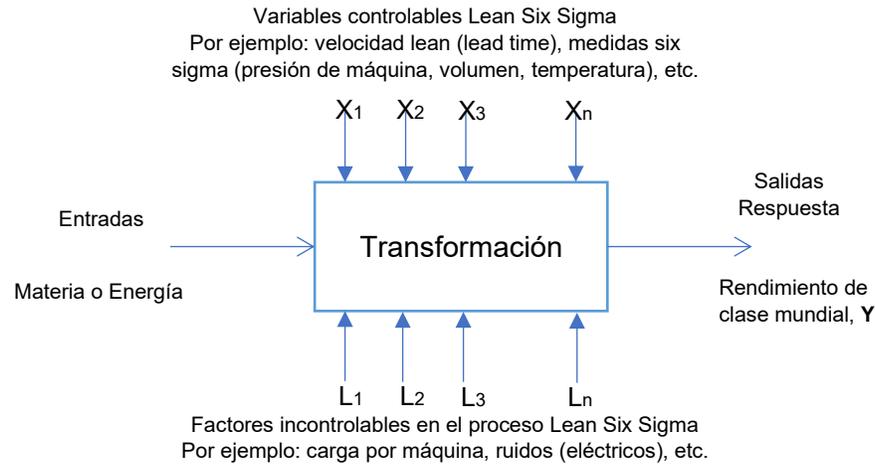
#### **ECUACIÓN 3. RELACIÓN CAUSA-EFECTO**

(Fuente: Taghizadegan, 2006).

Esta ecuación define la relación entre una variable dependiente **Y**, y la(s) variable(s) independiente(s) las **X(s)**. Por ejemplo, **Y** puede ser (porcentaje de rendimiento, tiempo de ciclo, satisfacción de cliente, meta de participación del



mercado, objetivo de ventas, rendimientos, etc.) y **X** los factores que contribuyen para el logro del objetivo (variabilidad de los procesos, costos por mala calidad, devoluciones, demandas, esperas, desperdicios, cuellos de botella, etc.) esto también puede ejemplificarse en la (Figura 6).



**FIGURA 6. MODELO GENERAL DE UN PROCESO LEAN SIX SIGMA (TAGHIZADEGAN, 2006)**



---

## 1.2 Balanced Scorecard

---

*“A menudo digo que cuando puedes medir de lo que estás hablando, y expresar en números, sabes algo al respecto; pero cuando no puedes medirlo, cuando no puede expresarlo en números, tu conocimiento es escaso e insatisfactorio”.*

*“Lo que no se define no se puede medir. Lo que no se mide no se puede mejorar. Lo que no se mejora se degrada siempre”.*

***Sir William Thomson, Lord Kelvin***



### 1.2.1 El Cuadro de Mando Integral

Hoy en día las organizaciones operan en un entorno global desafiante, las barreras de entrada a nuevos jugadores se están haciendo cada vez más delgadas, la competencia es feroz, los clientes son cada vez más exigentes y las duras consecuencias de recesiones globales merman la confianza del inversionista; si las empresas quieren estar a la altura de las circunstancias deben asimilar las mejores prácticas para el desempeño organizacional.

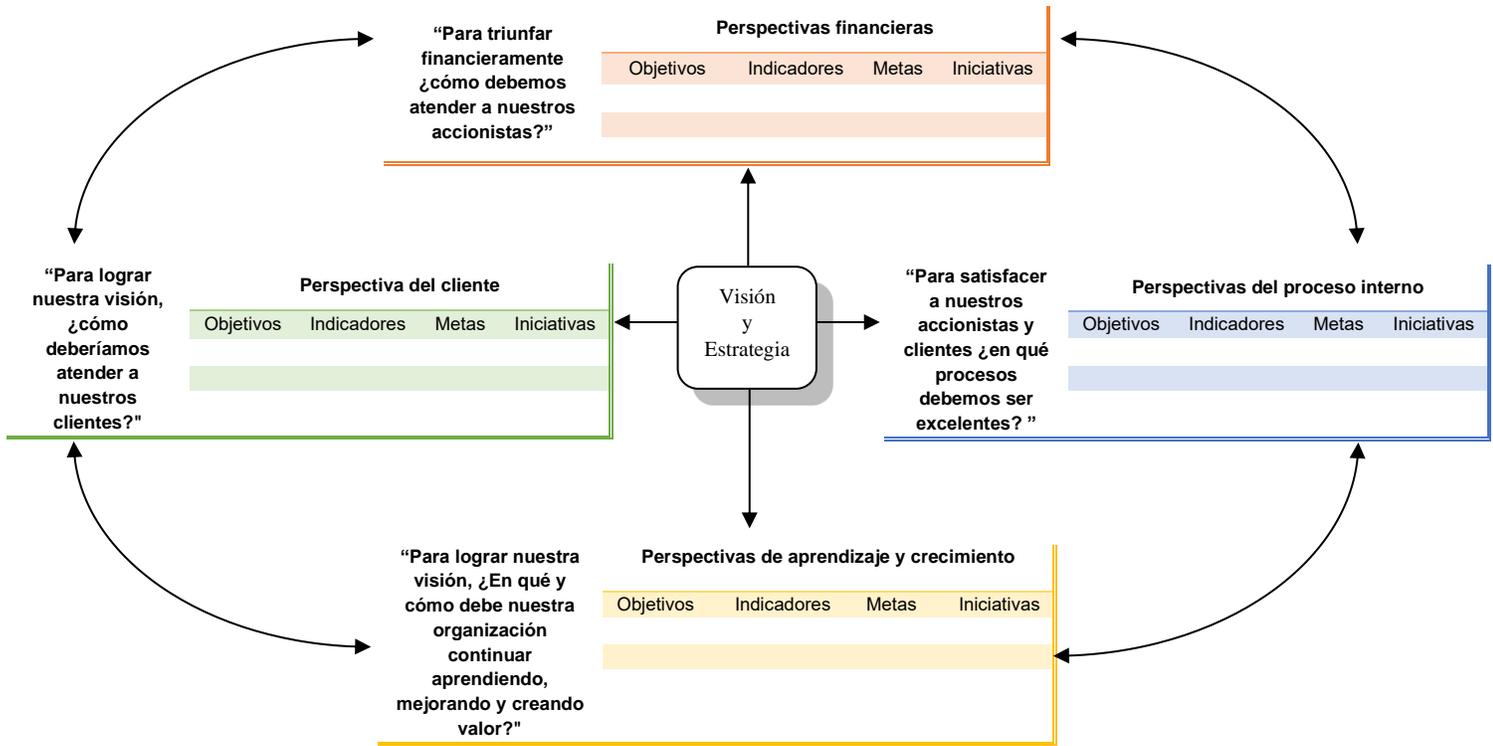
El Balanced Scorecard es una herramienta de gestión estratégica para describir, comunicar e implementar la estrategia; creada por los doctores David Norton y Robert S. Kaplan a partir de la publicación del artículo *The Balanced Scorecard -Measures that drive performance* (El cuadro de mando integral- medidas que impulsan el rendimiento) en la Harvard Business Review en 1992, que comprendía una investigación para estudiar la medición del desempeño en varias empresas cuyos activos intangibles desempeñaron un papel central en la creación de valor (Kaplan, 2010).

Complementaron las mediciones financieras tradicionales con criterios que median el desempeño desde tres perspectivas adicionales: la de los clientes, los procesos internos y el aprendizaje y crecimiento; reflejando el equilibrio entre los objetivos a corto y largo plazo, las medidas financieras y no financieras y entre perspectivas de actuación interna y externa (Bisbe, 2012).

La idea es realizar una visión de liderazgo utilizando un conjunto de iniciativas (ver **Figura 7**).

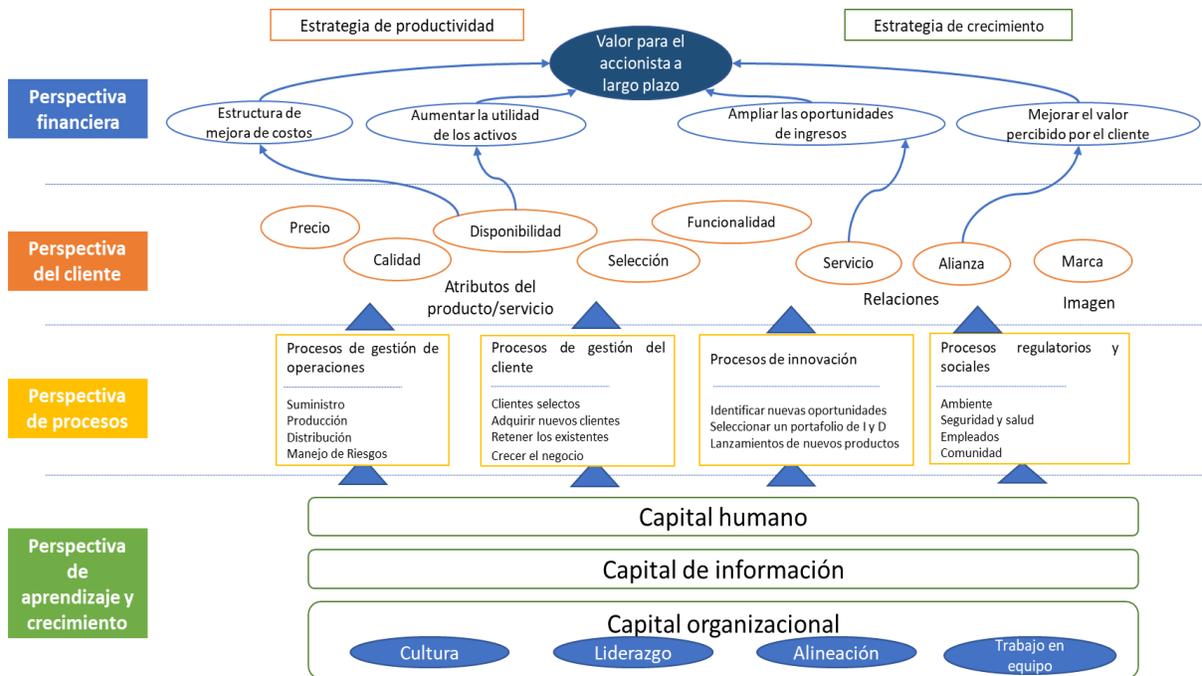
### 1.2.2 Mapas estratégicos

Kaplan y Norton se dieron cuenta de que la primera generación de Balanced Scorecard no garantizaba, ni que los indicadores elegidos fueran realmente los inductores del éxito empresarial ni que se acabaran implementando las estrategias. En este sentido, propusieron que, a la hora de construir un Balanced Scorecard, el punto de partida no debería ser ni la selección de nuevos indicadores ni la utilización de los ya existentes, sino los mapas estratégicos. Los mapas estratégicos sirven para que la organización describa y visualice su estrategia de forma coherente, integrada y sistémica.



**FIGURA 7. TRADUCCIÓN DE VISIÓN Y ESTRATEGIA: CUATRO PERSPECTIVAS**  
Fuente (Kaplan y Norton, 2010).

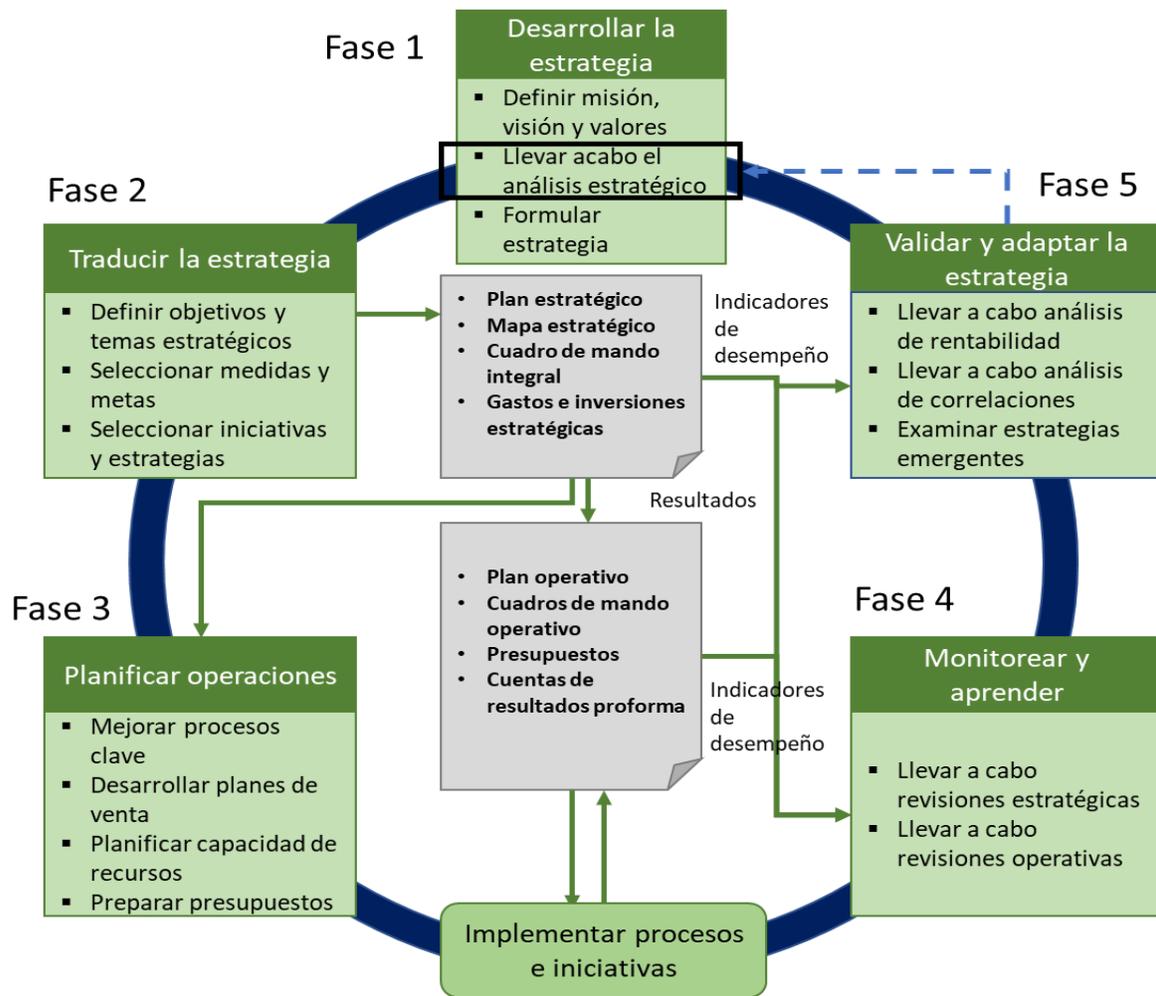
Así, (Kaplan y Norton, 2010) sugieren que el esquema de clasificación de los objetivos estratégicos en forma de perspectivas (por ejemplo, financiera, de clientes, de procesos y aprendizaje) ayuda a identificar las relaciones causales (causa-efecto) entre objetivos, en definitiva, permite representar gráficamente la estrategia de una manera efectiva. Por este motivo, los mapas estratégicos se convierten en una pieza básica de la segunda generación del Balanced Scorecard (Bisbe, 2012), cuyo ejemplo se muestra en la **Figura 8**.



**FIGURA 8. VISIÓN Y ESTRATEGIA: MAPA ESTRATÉGICO**  
Traducido de (Kaplan y Norton, 2010).

### 1.2.3 Sistema de gestión estratégica integral

Para (Janes, 2014) el Balanced Scorecard teorizado por Kaplan y Norton se creó por primera vez como herramienta de medición de rendimiento, luego se convirtió en un sistema de medición de rendimiento y posteriormente evoluciono a un sistema integral de gestión estratégica. Este sistema de gestión estratégico fue publicado por Norton y Kaplan en su libro *The execution premium: uniendo la estrategia a las operaciones para una ventaja competitiva, 2008*. Describieron cinco fases cíclicas e interconectadas para mantener y mejorar la estrategia (**Figura 9**).



**FIGURA 9. SISTEMA DE GESTIÓN ESTRATÉGICA: UNIENDO LA ESTRATEGIA A LA OPERACIÓN (TRADUCIDO DE NORTON Y KAPLAN, 2008).**

En la fase uno se define la misión, visión y valores de la empresa, se lleva a cabo un análisis del entorno (análisis estratégico) y se formula una estrategia. En la fase dos se traduce la estrategia; se definen objetivos, temas estratégicos y metas, seleccionando las iniciativas. En la fase tres se planifican las operaciones (mejora de procesos clave, planes de venta y se preparan presupuestos). Se implementan las iniciativas y en la fase cuatro se monitorea el avance y aprendizaje de las iniciativas ejecutadas. En la última fase se analiza la rentabilidad; se correlaciona la estrategia con el desempeño y se examinan nuevas estrategias, iniciando así un nuevo ciclo.



---

## Capítulo Dos: Resultados de la revisión sistemática

---

*“El todo es más que la suma de las partes”.*

*Aristóteles*

*“La holística se refiere a la manera de ver las cosas enteras, en su totalidad, en su conjunto, en su complejidad, pues de esta forma se pueden apreciar interacciones, particularidades y procesos que por lo regular no se perciben si se estudian los aspectos que conforman el todo, por separado”.*

*(Briceño et al., 2010)*



## 2.1 Resultados de la revisión sistemática de la literatura

Como se describió en el apartado de metodología de investigación se realizó una revisión sistemática en la base de datos electrónicos scopus (<https://www.scopus.com>), el cual cuenta con una de las bases de datos más grande del mundo.

Durante la revisión se buscaron artículos sobre temas relevantes para el diseño de un marco de referencia utilizando la siguiente formulación de palabras clave (Lean Six Sigma AND Framework) obteniendo un resultado de 170 publicaciones, sin embargo, se determinó que las publicaciones sirvieron como base para los marcos de referencia citados en la **Tabla 4**.

Después se dirigió la búsqueda a artículos que solo se enfocaran en PyMEs (Lean AND Six AND Sigma AND Framework AND SME) obteniendo 13 resultados, por último, se realizó una búsqueda de la interacción de Lean Six Sigma con Balanced Scorecard (Lean AND Six AND Sigma AND Balanced AND Scorecard AND Framework) donde se obtuvieron dos resultados. Los artículos relevantes se muestran en la **Tabla 5** ordenados conforme al número de citas.

**TABLA 4. RESULTADOS DE LA BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA.**  
Actualizados al 02/01/2020.

No.	Fuente/ Autor	Año de publicación	Citado por	Nombre del artículo
1	Production Planning and Control 17(4), 407-423 / <b>Kumar, M., Antony, J., Singh, R.K., Tiwari, M.K., Perry, D.</b>	2006	237	Implementing the lean sigma framework in an Indian SME: A case study.
2	Journal of Manufacturing Technology Management 20(1), 113-129 / <b>Thomas, A., Barton, R., Chuke-Okafor, C.</b>	2009	120	Applying lean six sigma in a small engineering company - A model for change.
3	TQM Journal 24(5), 433-446 / <b>Jayaraman, K., Kee, T.L., Soh, K.L.</b>	2012	39	The perceptions and perspectives of Lean Six Sigma (LSS) practitioners: An empirical study in Malaysia.
4	TQM Journal 28(4), 613-635 / <b>Lande, M., Shrivastava, R.L., Seth, D.</b>	2016	39	Critical success factors for Lean Six Sigma in SMEs (small and medium enterprises).
5	Total Quality Management and Business Excellence 27(3-4), 309-324 / <b>Timans, W., Ahaus, K., van Solingen, R., Kumar, M., Antony, J.</b>	2016	29	Implementation of continuous improvement based on Lean Six Sigma in small- and medium-sized enterprises.
6	International Journal of Lean Six Sigma 7(3), 233-266 / <b>Arcidiacono, G., Costantino, N., Yang, K.</b>	2016	25	The AMSE Lean Six Sigma governance model.

7	International Small Business Journal 32(1), 81-109 / <b>McAdam, R., Antony, J., Kumar, M., Hazlett, S.A.</b>	2014	22	Absorbing new knowledge in small and medium-sized enterprises: A multiple case analysis of Six Sigma.
8	Quality and Reliability Engineering International 31(7), 1151-1159 / <b>Dora, M., Gellynck, X.</b>	2015	17	Lean Six Sigma Implementation in a Food Processing SME: A Case Study.
9	Quality and Reliability Engineering International 30(5), 745-765 / <b>Kumar Sharma, R., Gopal Sharma, R.</b>	2014	16	Integrating six sigma culture and TPM framework to improve manufacturing performance in SMEs.
10	Procedia Manufacturing 3, 890-897 / <b>Nunes, I.L.</b>	2015	15	Integration of Ergonomics and Lean Six Sigma. A Model Proposal.
11	International Journal of Lean Six Sigma 2(1), 41-54 / <b>Thomas, A., Barton, R.</b>	2011	10	Using the Quick Scan Audit Methodology (QSAM) as a precursor towards successful Lean Six Sigma implementation.
12	International Journal of Lean Six Sigma 10(1), 58-80 / <b>Moya, C.A., Galvez, D., Muller, L., Camargo, M.</b>	2019	1	A new framework to support Lean Six Sigma deployment in SMEs.
13	International Journal of Lean Six Sigma 9(3), 444-462 / <b>Iyede, R., Fallon, E.F., Donnellan, P.</b>	2018	1	An exploration of the extent of Lean Six Sigma implementation in the West of Ireland.
14	International Journal for Quality Research 12(1), 81-94 / <b>Bazrkar, A., Irazzadeh, S., Farahmand, N.F.</b>	2018	0	Identifying and selecting the strategic process using the cross-efficiency approach based on satisfaction level and extended balanced scorecard.
15	Benchmarking: An International Journal, Vol. 26 (6), 1921-194 / <b>Raval, S., Kant, R. and Shankar, R.</b>	2019	0	Benchmarking the Lean Six Sigma performance measures: a balanced score card approach.

Se analizó cada artículo y se obtuvo la aportación más relevante; los factores críticos para el éxito de la implementación de LSS y las herramientas LSS recomendadas. A continuación, se muestran los resultados en la **Tabla 5**.

**TABLA 5. RESUMEN DE LOS RESULTADOS ARROJADOS EN LA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LITERATURA**

Referencia	Aportación	Factores críticos de éxito para la implementación de LSS	Herramientas recomendadas en la implementación de LSS	Comentarios
Kumar <i>et al.</i> , (2006)	Proponen un marco de referencia Lean Sigma para reducir el defecto que ocurre en el producto final (accesorios de automóviles) fabricado por un proceso de fundición a presión.	No determinado.	Mapas de flujo de valor (VSM), sistema 5's, mantenimiento productivo total, DMAIC. Métricas: defectos por unidad, índice de capacidad del proceso, rendimiento.	El marco propuesto para la implementación de Lean Sigma necesita ser validado en diferentes escenarios.
Thomas <i>et al.</i> , (2009).	Desarrollaron e implementaron un sistema integrado: Modelo Lean Six Sigma (LSS) de 10 pasos enfocado a la industria manufacturera (PyME).	Participación de ingenieros de proceso e ingenieros de calidad en etapas tempranas de la implementación.	Diagramas de Pareto, diseño de experimento, diagramas de causa efecto, sistema 5's, mapa de flujo de valor, mantenimiento productivo total.	El diseño de experimentos como limitante conceptual para las compañías pequeñas. Necesario incluir un equipo multidisciplinario trabajando estratégicamente.
Thomas <i>et al.</i> , (2011).	Proponen el uso y analizan la efectividad de una cadena de suministro mediante la metodología de auditoría Quick Scan (QS) como precursora de la implementación de proyectos Lean Six Sigma (LSS) en (PyMEs) manufactureras. (Quick Scan como herramienta de selección de proyectos).	QSAM (Quick Scan Audit Methodology) en la etapa pre-DMAIC como herramienta para seleccionar proyectos. Capacitación completa de los integrantes.	Mapas de procesos, voz del cliente, mapa de flujo de valor, listas de verificación, sistemas de pedidos por tarjetas tipo Kanban, mapa de flujo de valor.	Vincular los proyectos LSS con áreas estratégicas.
Jayaraman <i>et al.</i> , (2012)	Identifican factores críticos de éxito (Critical Success Factor, CSF) en programas LSS exitosos y evalúan el impacto de los CSF en el desempeño de la empresa de fabricación electrónica.	La participación y el compromiso de la gerencia, el programa efectivo de capacitación de LSS, establecer un tablero de instrumentos LSS, comunicación frecuente y evaluación de los resultados de LSS.	No determinado.	Las organizaciones con alta cultura y creencia en LSS tienen empleados con mejor autoconciencia, que puede conducir proyectos LSS de forma independiente y que siempre buscan mejoras, aunque el programa LSS no sea impulsado por el MBB / BB.



**TABLA 5. RESUMEN DE LOS RESULTADOS ARROJADOS EN LA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LITERATURA (CONTINUACIÓN).**

Referencia	Aportación	Factores críticos de éxito para la implementación de LSS	Herramientas recomendadas en la implementación de LSS	Comentarios
McAdam, <i>et al.</i> , (2014)	Diseñan un modelo de cuatro pasos (adquisición, asimilación, transformación y uso) a partir de la teoría de capacidad de absorción para la integración de nuevo conocimiento dentro del entorno LSS en PyMEs.	No determinado.	Análisis causa efecto, sistema 5's, análisis de Pareto, mapa de flujo de valor, análisis de variación de proceso, diseño de experimentos y análisis de modo de efecto y falla (AMEF).	La aplicación de Lean Six Sigma en las PyMEs está influenciada por una serie de acciones recursivas o rutinas iterativas. Estas rutinas son en gran parte informales: es decir, no se mapean e identifican formalmente dentro de la PyME.
Sharma et al., (2014)	Desarrollan un modelo integrado basado en el marco Six Sigma y TPM enfocándose en agregar indicadores de desempeño.	Integración de los gerentes y directores en el avance de la implementación.	Lluvia de ideas, análisis de Pareto, diagramas de espinas de pescado, histogramas, AMEF, diagramas de cajas, cuadros de control y procesos gráficos de capacidad.	Inclusión de decisiones estratégicas adicionales de las decisiones tácticas y operativas.
Dora y Gellynck, (2015)	Implementan LSS en una pequeña empresa dedicada a la elaboración de confitería.	Trabajo en equipo orientado a objetivos, integración de un equipo multifuncional, el involucramiento de la alta dirección es importante para el éxito.	Voz del cliente, determinación de críticos para la calidad, lluvia de ideas, diagramas causa-efecto, cuadros de control, carta de proyecto, mapa de flujo de valor, análisis de materiales y rendimientos, lecciones aprendidas, relación de variables y diseño de experimentos.	Las PyMEs carecen de control sobre los procesos más críticos, el uso de datos y análisis estadístico adecuado mejora el nivel de confianza de los empleados y de la alta dirección.
Nunes (2015)	Presentan un marco de referencia de un Sistema de Apoyo a la Decisión asociado y concebido para ayudar al proceso de toma de decisiones de los administradores de PyMEs en la ejecución de una implementación integrada de ergonomía y procesos de mejora continua de LSS	No determinado.	No determinado.	La productividad interna se refiere a la capacidad de los trabajadores para realizar más producción sin aumento del riesgo de lesiones o errores, que es una preocupación central de la ergonomía.



**TABLA. 5. RESUMEN DE LOS RESULTADOS ARROJADOS EN LA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LITERATURA (CONTINUACIÓN).**

Referencia	Aportación	Factores críticos de éxito para la implementación de LSS	Herramientas recomendadas en la implementación de LSS	Comentarios
Shrivastava <i>et al.</i> , (2016)	Identifican y enumeran los factores críticos de éxito (CSF) de Lean Six Sigma (LSS) que afecta e influye en la calidad, el desempeño operativo y financiero de pequeñas y medianas empresas (PyMEs).	Entrenamiento, involucramiento de los empleados, involucramiento de la gerencia, liderazgo, selección y priorización de los proyectos, cambio cultural, entendimiento de la metodología Lean Six Sigma, planeación estratégica de la calidad, gestión de proceso, diseño de producto, vinculación de Lean Six Sigma a clientes y vinculación de Lean Six Sigma a la estrategia de negocio.	No determinado.	Se analizaron aquellas referencias bibliográficas que argumentaban que el LSS era beneficioso para las PyMEs, sin embargo, no se consideraron la experiencia de fracaso de las empresas.
Timans <i>et al.</i> , (2016)	Rediseñaron un marco de implementación práctico y específico ya existente para desplegar Lean Six Sigma (LSS) en pequeñas y medianas empresas (PyMEs).	Construcción de un sistema LSS que comienza con una prueba piloto, uso de indicadores para medir el proceso, progresión hacia una organización de aprendizaje, vinculación con el cliente, comunicación, participación de la dirección y vinculación a la estrategia del negocio.	Herramientas de gestión de proyectos principalmente.	Para las PyMEs, especialmente para los más pequeños, enfrentar la restricción de la barrera de recursos es el principal desafío. Para la administración, los desafíos importantes serán considerar cuidadosamente el alcance y ambiciones del programa vinculadas a los objetivos estratégicos de la empresa y buscar cooperación con empresas e instituciones de conocimiento similares en redes regionales.



**TABLA 5. RESUMEN DE LOS RESULTADOS ARROJADOS EN LA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LITERATURA (CONTINUACIÓN).**

Referencia	Aportación	Factores críticos de éxito para la implementación de LSS	Herramientas recomendadas en la implementación de LSS	Comentarios
Arcidiacono <i>et al.</i> , (2016)	Desarrollan una hoja de ruta estructurada llamada EMSE (Evaluación, Monitoreo, Sostenibilidad, Expansión), para la implementación efectiva de LSS de forma permanente.	Compromiso de la alta dirección, infraestructura organizacional, capacitación efectiva, conocimiento de herramientas estadísticas, priorización de proyectos.	No determinado.	La implementación de LSS en la organización se considera un desarrollo en la cultura de innovación y en gestión estratégica. Implica ajustes de valores organizacionales y un cambio sustancial en la estructura y la infraestructura. Habilidades de comunicación, enfoque y estrategia a largo plazo.
Ivede <i>et al.</i> , (2018)	Examinan los factores clave de éxito y fracaso, los beneficios y herramientas de calidad que influyen en la implementación de proyectos LSS.	Compromiso de la alta dirección, herramientas y técnicas LSS, integrar LSS a la estrategia comercial, cambio cultural organizacional, capacitación y la educación.	Análisis de causa raíz, sistema 5's, AMEF, diagramas causa efecto, trabajo estandarizado, análisis de Pareto, análisis de los siete desperdicios, mapa de flujo de valor, cuadros de control, análisis de capacidad.	Estrategia organizacional, falta de apoyo de la alta dirección, costo elevado para proyectos LSS, priorización poco clara de proyectos LSS son los factores de falla más importantes que influyen en la implementación de LSS según su estudio.
Bazrkar <i>et al.</i> , (2018)	Identifican el proceso estratégico entre los procesos de las instalaciones bancarias para usarlo en la metodología Lean Six Sigma con el fin de mejorar el rendimiento y la eficiencia del proceso utilizando una combinación de eficiencia cruzada y métodos extendidos del Balanced Scorecard.	No determinado.	No determinado.	La unión del proceso estratégico con Lean Six Sigma necesita ser validado en diferentes escenarios.



**TABLA 5. RESUMEN DE LOS RESULTADOS ARROJADOS EN LA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LITERATURA (CONTINUACIÓN).**

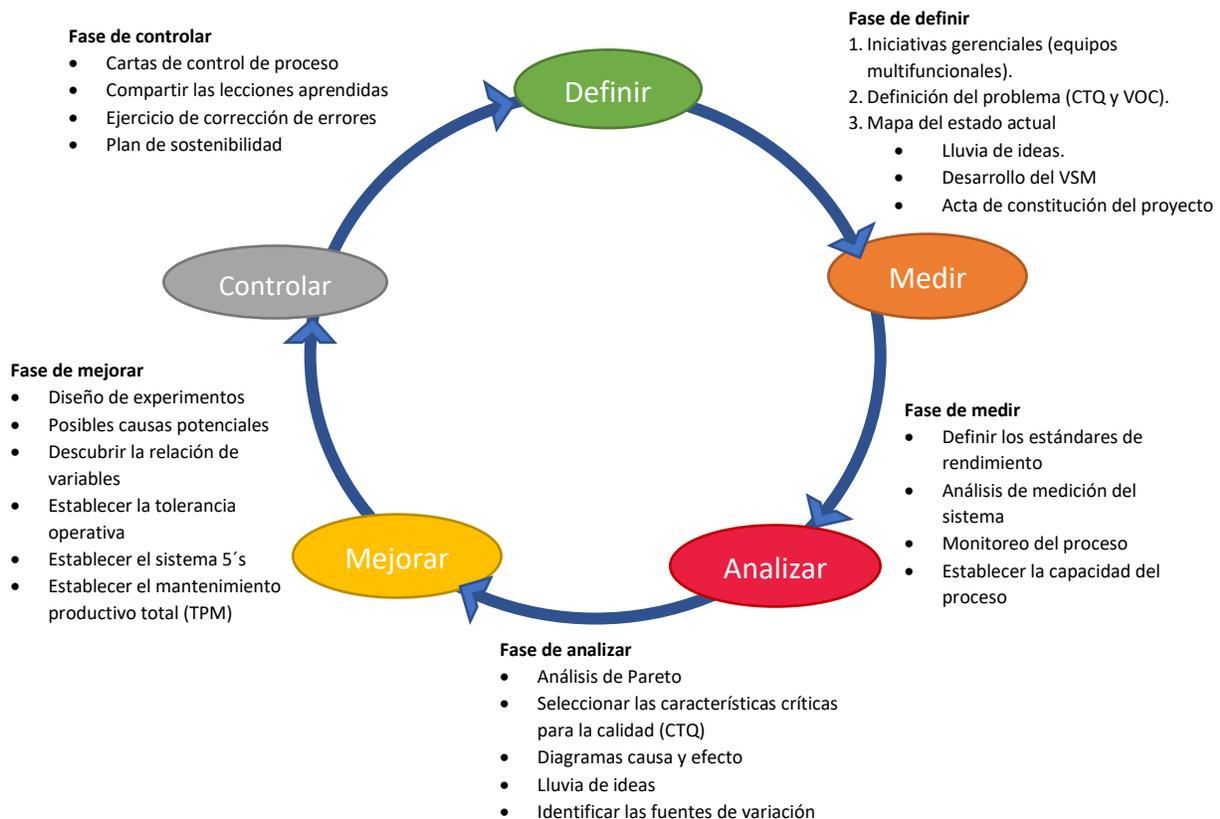
Referencia	Aportación	Factores críticos de éxito para la implementación de LSS	Herramientas recomendadas en la implementación de LSS	Comentarios
Moya <i>et al.</i> , (2019)	Proponen una herramienta de evaluación para determinar las capacidades de la organización para implementar una estrategia Lean Six Sigma (LSS) al cual llaman índice global LSS.	Gestión de proveedores, enfoque al cliente, liderazgo, capacitación de los empleados, compromiso de los empleados, cultura organizacional, objetivos estratégicos, capacidad financiera, practicas justo a tiempo, gestión de calidad, medidas y control, gestión de la información, cartera de proyectos.	No determinado.	Destacan cinco familias de factores principales: gestión de la estrategia, gestión de recursos humanos, gestión de proyectos, gestión de procesos y gestión de relaciones externas o vinculaciones.
Raval <i>et al.</i> , (2019)	Desarrollan el enfoque basado en el Balanced Scorecard para medir el rendimiento del sistema Lean Six Sigma (LSS).	No determinado.	Balanced Scorecard.	Determinan cinco perspectivas LSS: financiera, cliente, procesos, empleados, proveedores con sus respectivos objetivos.

A continuación, se muestran con más detalle las aportaciones de las diferentes investigaciones estudiadas, organizados en: a) marcos de referencia Lean Six Sigma, b) factores clave para el éxito de la implementación de Lean Six Sigma y c) la interacción de Lean Six Sigma con el Balanced Scorecard.

## 2.2 Marcos de referencia LSS

La primera publicación donde se describe un marco de referencia para la implementación de Lean y Six Sigma de manera integrada para PyMEs fue publicada por (Kumar, *et al.* 2006) y en esta explican como Lean Sigma combina las herramientas y técnicas de reducción de variabilidad de Six Sigma con las herramientas y técnicas de eliminación de residuos y evaluación del valor agregado de Lean Operations, para generar ahorros como resultado final de una organización; proponen un modelo de implementación tomando como base el ciclo DMAIC y en cada fase se describen los herramientas más utilizadas (Figura 10).

El ciclo inicia con la decisión de mejora debida a la iniciativa de la gerencia, definiendo el problema mediante la definición de los críticos de calidad (CTQ) y la voz del cliente (VOC, voice of customer), además del mapa del estado actual del proceso.



**FIGURA 10. MARCO PROPUESTO POR (KUMAR, ET AL. 2006) PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LEAN SIGMA EN LA ORGANIZACIÓN.**

En la fase de medición se definen los estándares de medición del sistema, la capacidad del proceso, el rendimiento actual, monitoreo de los procesos y estableciendo la capacidad.

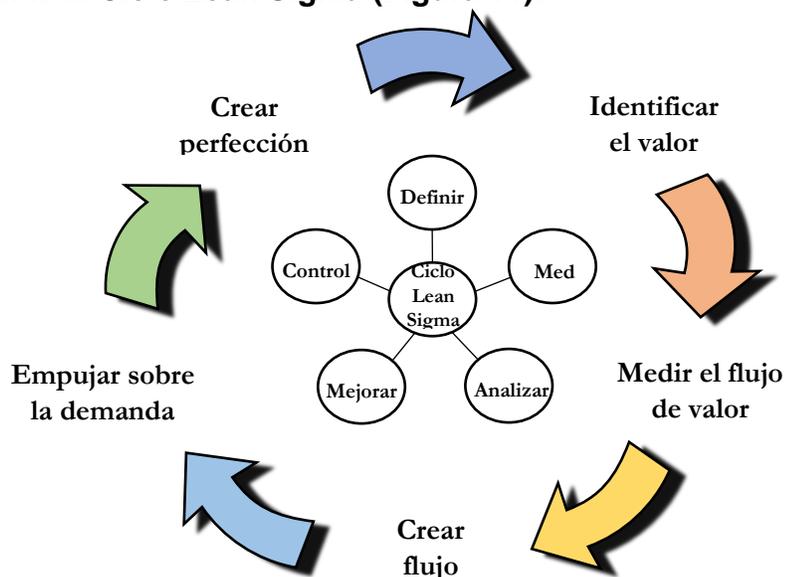
La tercera fase (analizar) se utilizan herramientas para establecer y ordenar prioridades y resolución de problemas (diagrama de Pareto, diagramas de causa-efecto, lluvia de ideas, etc.), se seleccionan las características críticas de calidad principales y se identifican las fuentes de variación.

En la fase de mejorar se apoyan de herramientas estadísticas como el diseño de experimentos, relación de variables y con estos se pueden descubrir causas potenciales y se establece una tolerancia operativa. Para establecer un estándar se apoya del programa 5's y mantenimiento productivo total.

La última fase (controlar) se utilizan gráficos de control de procesos, se comunican las lecciones aprendidas y se desarrolla un plan de sustentabilidad.

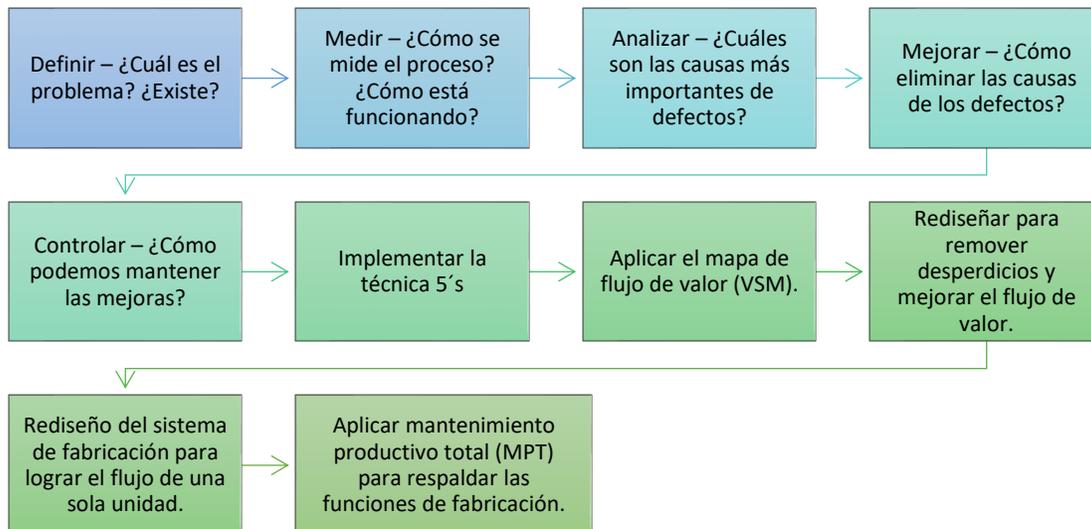
El segundo modelo fue publicado por (Thomas, *et al.* 2009) "Applying lean six sigma in a small engineering company– A model for change" (Aplicando Lean Six Sigma en una pequeña empresa de ingeniería: un modelo para el cambio) en el cual diseñan, desarrollan e implementan un modelo que proporciona un enfoque simple pero altamente efectivo para lograr mejoras significativas en el costo y la entrega de la calidad de producto de una empresa.

El modelo consta de diez etapas donde combinan la metodología DMAIC intercalando los principios Lean entre cada paso. A este marco de referencia lo definen como el **Ciclo Lean Sigma (Figura 11)**.



**FIGURA 11. ESQUEMA DEL CICLO LEAN SIGMA. PUBLICADO POR (THOMAS, ET AL.2009).**

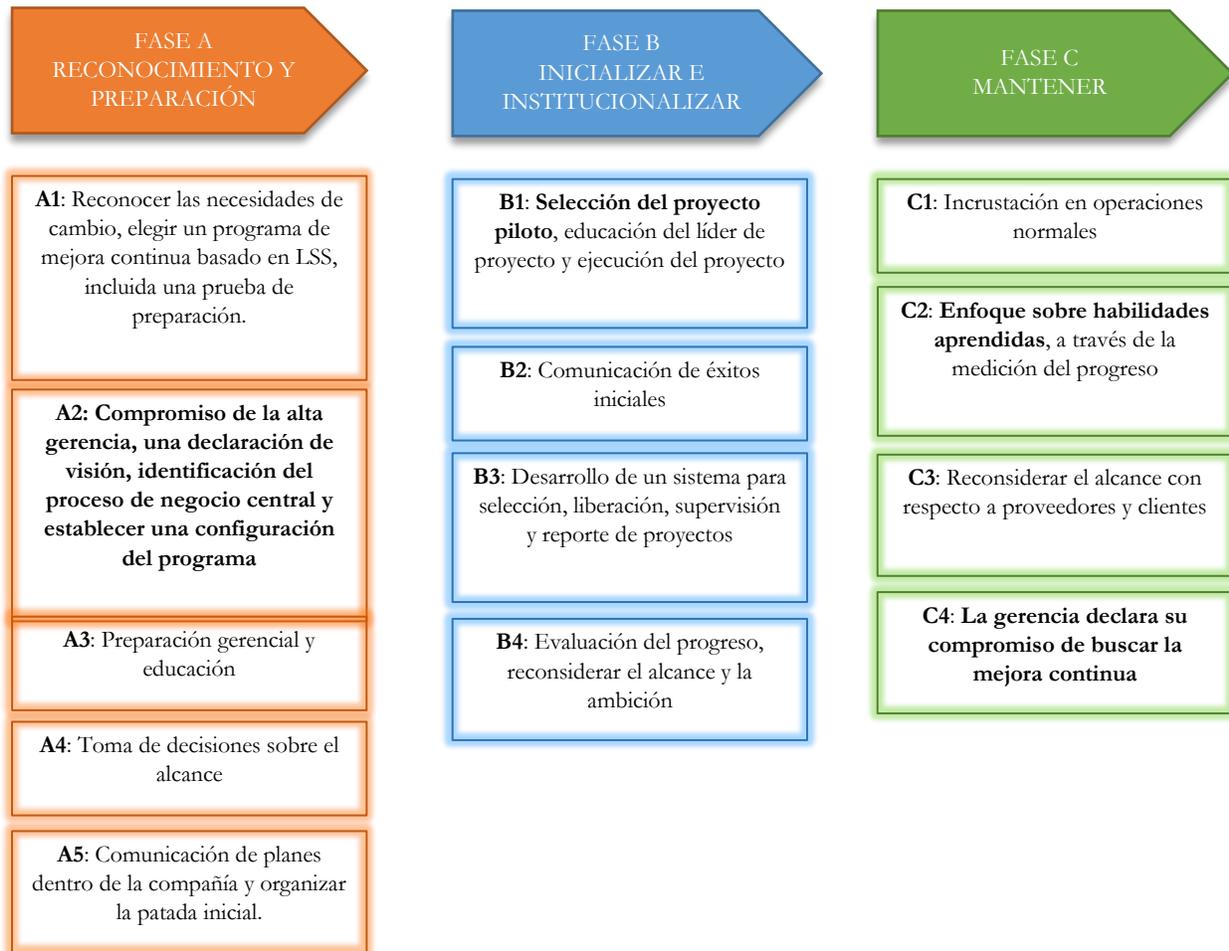
Las diez etapas se describen a continuación (**Figura 12**):



**FIGURA 12. FASES DEL CICLO LEAN SIGMA**

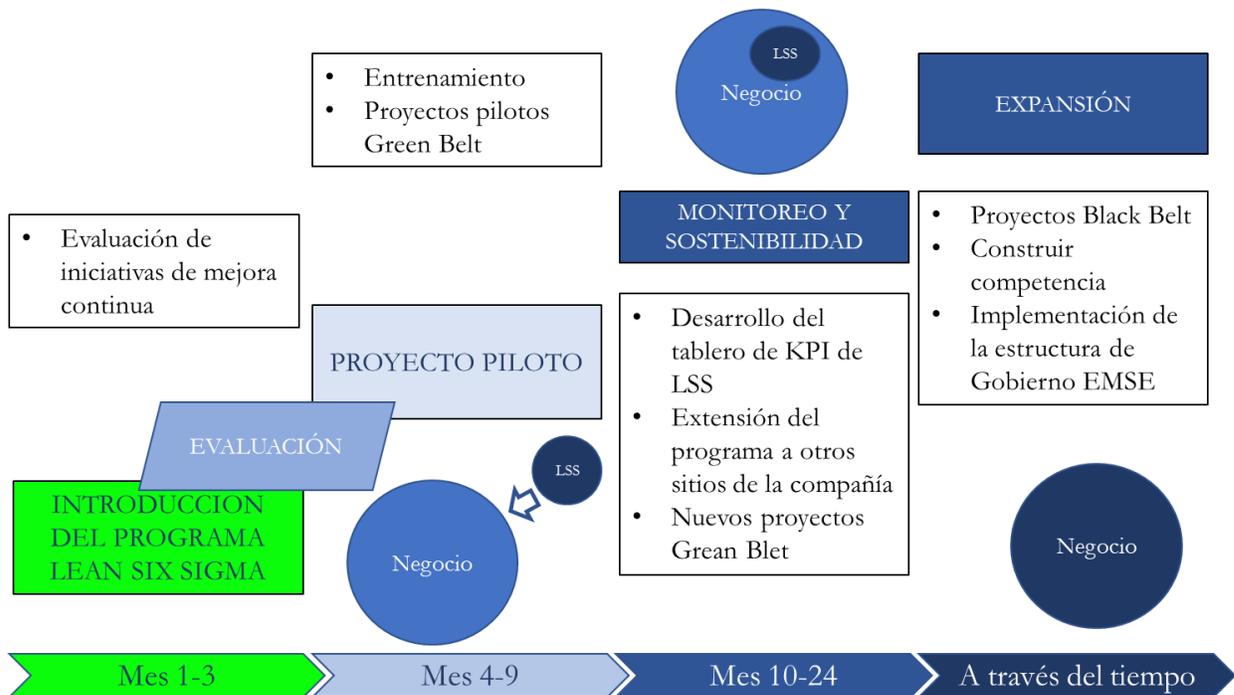
El tercer modelo descrito fue publicado por (Timans, *et al.*, 2016) quienes rediseñaron un marco ya existente para la implementación de Six Sigma para PyMEs publicado por (Kumar *et al.*, 2011). A través de un análisis triangular de (1) búsqueda estructurada de la literatura, (2) estudio de grupo de enfoque de expertos y (3) entrevistas retrospectivas; lograron simplificar el modelo en tres etapas. Incorporaron elementos de involucramiento de la alta dirección e identificación de los procesos empresariales centrales en la fase A, unieron la capacitación y la ejecución del proyecto a través de un proyecto piloto en la se fase B, el progreso de una organización de aprendizaje hacia la mejora continua e innovación en la fase C (**Figura 13**).

De esta forma se establece el primer marco de referencia que incorpora la metodología Lean Six Sigma a los procesos estratégicos del negocio, a través de la selección y pilotaje de proyectos de alta importancia para la empresa, la gestión del conocimiento aprendido durante los proyectos a través de las lecciones aprendidas de los proyectos anteriores y el compromiso público de la alta gerencia hacia la búsqueda de la mejora continua.



**FIGURA 13. FASES Y PASOS DEL MARCO DE IMPLEMENTACIÓN LSS PUBLICADO POR (TIMANS ET AL., 2016).**

El cuarto marco de referencia fue público por (Arcidiacono, *et al.*, 2016) al cual nombraron Modelo de Gobierno AMSE por sus siglas en inglés (Assessment, Monitoring, Sustainability, Expansion) o EMSE por sus siglas en español (Evaluación, Monitoreo, Sostenibilidad, Expansión) en este resaltan que la sostenibilidad del programa Lean Six Sigma representa el aspecto más desafiante para la mayoría de las organizaciones implementan esta metodología. Definiendo claramente las actividades en cada una de las cuatro fases además resaltan que el modelo puede aplicarse tanto a PyMEs como a empresas globales.



**FIGURA 14. MARCO DE IMPLEMENTACIÓN EMSE. PUBLICADO POR (ARCIDIACONO, ET AL. 2016)**

El sistema se basa en una hoja de ruta de nueve pasos (**Figura 14**) que puede ser comprendido a través de las herramientas utilizadas en la empresa usando la base de la metodología DMAIC (definir, medir, analizar, implementar (mejorar) y controlar) y el ciclo PHVA (planear, hacer, verificar y actuar) para el despliegue de la cultura organizacional (cultura de la mejora continua).

En la parte de evaluación recomienda realizar el mapeo de flujo de valor para identificar oportunidades de mejora global dentro de la organización de extremo a extremo.

El principal punto fuerte de este modelo es la adopción a una perspectiva de cadena de valor, mapeo enfocado a la alineación a los procesos organizacionales gracias a la creación de un panel de control de KPI (Key Performance Indicator) para monitorear el progreso.

Los detalles de las fases del Modelo EMSE se describen en la **Tabla 6**.

**TABLA 6. CUATRO FASES DEL MODELO DE GOBIERNO EMSE Y PUNTOS CLAVE**

<i>Evaluación</i>	<i>Monitoreo</i>	<i>Sostenibilidad</i>	<i>Expansión</i>
1. Revisión de la empresa y definición del plan de acción. 2. Auditoría de proyectos Lean Six Sigma. 3. Evaluación de líderes de proyecto y miembros de proyectos en curso. 4. Evaluación del patrocinio del proyecto. 5. Coaching sobre proyectos en curso.	6. Definición del panel de indicadores KPI del programa Lean Six Sigma. 7. Implementación del plan de monitoreo del programa Lean Six Sigma 8. Establecimiento de monitoreo auditivo y periódico del programa Lean Six Sigma. 9. Identificación de los criterios óptimos de selección de proyectos Lean Six Sigma y creación de la cartera de proyectos del cinturón verde.	10. Identificación de los criterios óptimos de selección de proyectos Lean Six Sigma y creación de la cartera de proyectos del cinturón verde. 11. Identificación del nuevo líder del proyecto y patrocinador del proyecto.	12. Participación de socios estratégicos, proveedores y clientes, dentro del programa LSS

La elección de los proyectos de mejora es un punto importante para considerar por lo que (Thomas, *et al.*, 2011; Sharma, *et al.*, 2014) sugieren que los proyectos LSS sean ligados áreas y decisiones estratégicas para el involucramiento de toda la organización.

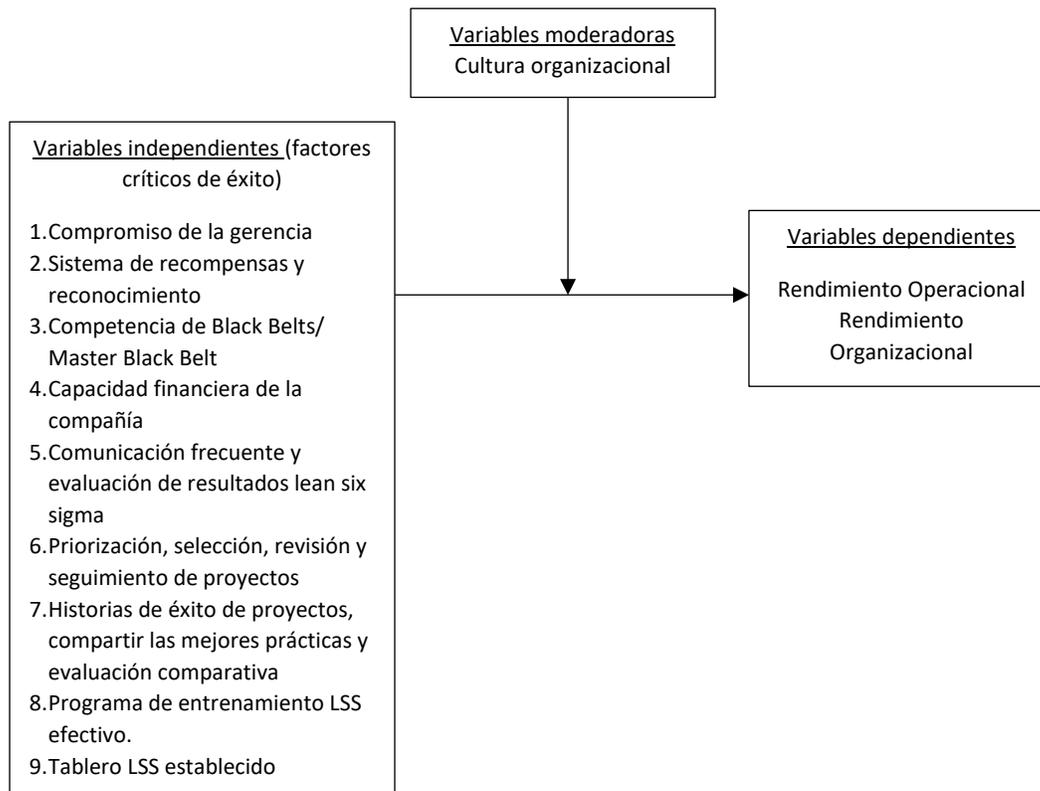
McAdam, *et al.*, (2014) publicó un modelo de capacidad absorbida aplicada a LSS donde consideran que la implementación LSS se ve disminuida por el conocimiento absorbido por la pequeña empresa en cuanto este conocimiento no sea asimilado organizacionalmente y determina una serie de problemas en cuanto a la implementación de LSS: 1) falta de la definición del proceso comercial (se confía más en la estructura funcional que una base de proceso claro con un mapeo de proceso), 2) falta de mecanismos de recopilación de datos y 3) tiempo y costo necesario para la formación del equipo. Además, diseña un modelo para la adopción LSS usando la teoría de capacidad absorbida del conocimiento como base.

McAdam *et al.*, (2014) sostiene que la aplicación de Lean Six Sigma en las PyMEs está influenciada por una serie de acciones recursivas o rutinas iterativas. Estas rutinas son en gran parte informales: es decir, no se mapean e identifican formalmente dentro de la PyME.

### 2.3 Factores críticos de éxito LSS

En 2012 Jayaraman *et al.*, publicaron “The perceptions and perspectives of Lean Six Sigma (LSS) practitioners: An empirical study in Malaysia” y analizan los factores críticos para el éxito para la implementación de Lean Six Sigma y su impacto sobre el desempeño de la organización esto moderado por la cultura organizacional de la empresa.

En su trabajo relacionan nueve factores críticos para el éxito (variables independientes) con los rendimientos operacionales [reducción de costos y residuos, mejorando la calidad de los productos, mejorando la flexibilidad, mejorando el rendimiento de entrega y la mejora de la productividad] y vinculados con el desempeño organizacional [financieros; ingresos, crecimiento, ganancias netas, relación ganancia / ingresos y retorno de activos, y no financiero; desarrollo de un perfil competitivo, desarrollo de nuevos productos y desarrollo de mercado] de las empresas (variables dependientes) **Figura 15**.



**FIGURA 15. MARCO DE INVESTIGACIÓN UTILIZADO POR (JAYARAMAN, ET AL. 2012) PARA LA EVALUACIÓN DE NUEVE FACTORES CRÍTICOS.**

El desempeño operativo refleja el desempeño de las operaciones internas de la empresa en relación con la reducción de costos y residuos, mejora de la calidad de los productos y por tanto generando elementos diferenciadores positivos como flexibilidad, tiempo de entrega y productividad.

El desempeño organizacional consistió en medidas financieras tales como ingresos, crecimiento, ganancias netas, relación ganancia / ingresos y rendimiento de los activos, y no financiero medidas como la capacidad para desarrollar un perfil competitivo, desarrollo de nuevos productos y desarrollo del mercado.

**TABLA 7. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN DE LAS VARIABLES INDEPENDIENTES, MODERADORA Y DEPENDIENTES (DESEMPEÑO OPERACIONAL Y ORGANIZACIONAL) (OBTENIDA DE JAYARAMAN, ET AL. 2012).**

Variables independientes	Desempeño Operacional	Desempeño Organizacional
Compromiso de la gerencia	0.12**	0.14**
Sistemas de recompensas y reconocimiento	0.03	-0.08
Competencia del MBB/BB	0.01	-0.22***
Capacidad financiera de la empresa	0.06	0.12*
Comunicación frecuente y evaluación sobre LSS	0.14**	0.17**
Selección de proyectos, priorización, revisiones y seguimiento	-0.11	-0.05
Historias de éxito de proyectos y lecciones aprendidas	0.03	0.01
Programa de entrenamiento efectivo LSS	0.26***	0.17**
Tablero establecido de instrumentos LSS	0.41***	0.63***
Variable moderadora		
Cultura organizacional	0.10	0.10
Resumen del modelo		
R <sup>2</sup>	0.90	0.90
R <sup>2</sup> Ajustada	0.89	0.89
p-value	0.08	0.07
Durbin-Watson	1.95	2.14
Notas: N=138; significativa a ***p<0.001, **p<0.01, *<0.05		

Como se muestra en la Tabla 7 los autores determinaron que la *participación y el compromiso de la gerencia, el programa efectivo de capacitación de LSS, el tablero de instrumentos de LSS establecido, la comunicación frecuente y la evaluación de los resultados de LSS fueron estadísticamente significativos* y afectan la dimensión de éxito de implementación de LSS representada por el desempeño operativo y organizacional de las empresas. Aunque el modelo tiene una precisión del 90% las variables estudiadas contribuyen al análisis de factores críticos de éxito de la revisión bibliográfica.



Cuatro años más tarde y siguiendo con la tónica en el análisis descriptivo para el éxito de la implementación de Lean Six Sigma (Lande, *et al.* 2016) publican un trabajo de revisión de literatura donde identifican y numeran factores críticos de éxito que influyen en la calidad, el desempeño operativo y financiero de las pequeñas y medianas empresas en seis países diferentes.

**TABLA 8. FRECUENCIA DE LOS FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO DETERMINADO A PARTIR DE LA REVISIÓN DE LA LITERATURA DE ESTUDIOS EN BRASIL, TAILANDIA, MALASIA, REINO UNIDO, AUSTRALIA E INDIA (OBTENIDA DE LANDE, *ET AL.* 2016).**

Factor crítico para el éxito	Ocurrencia	Porcentaje de ocurrencia	Porcentaje acumulado de ocurrencia
Entrenamiento (involucramiento de los empleados)	11	13.10	13.10
Involucramiento y compromiso de la gerencia	8	9.52	22.62
Satisfacción del cliente	8	9.52	32.14
Liderazgo	7	8.33	40.48
Selección y priorización de proyectos	7	8.33	48.81
Cambio cultural	6	7.14	55.95
Comprensión de la metodología LSS	5	5.94	61.90
Estrategia de planificación de la calidad	4	4.76	66.67
Gestión de procesos	3	3.57	70.24
Diseño de producto	3	3.57	73.81
Enlace de LSS a los clientes	3	3.57	77.38
Enlace de LSS a la estrategia del negocio	3	3.57	80.95
Satisfacción de los empleados	2	2.38	83.33
Recompensas a los empleados	2	2.38	85.71
Control de inventario	2	2.38	88.10
Comunicación de información	2	2.38	90.48
Enlace de LSS a los empleados	2	2.38	92.86
Enlace de LSS a los proveedores	2	2.38	95.24
Empoderamiento/relación con los empleados	1	1.19	96.43
Sistemas de medición de la calidad/ datos de calidad	1	1.19	97.62
Evaluación comparativa (Benchmarking)	1	1.19	98.81
Rol del departamento de calidad	1	1.19	100.00
	84	100	

Como se puede apreciar en la **Tabla 8** entre los factores críticos más importantes al 80% están el entrenamiento, involucramiento de los empleados, involucramiento de la gerencia, la satisfacción del cliente, liderazgo, selección y priorización de los proyectos, cambio cultural, entendimiento de la metodología Lean Six Sigma, planeación estratégica de la calidad, gestión de proceso, diseño de producto, vinculación de Lean Six Sigma a clientes y vinculación de Lean Six Sigma a la estrategia de negocio.

## 2.4 Interacción Lean Six Sigma con el cuadro de mando integral

Algunos autores recomiendan aprovechar los beneficios de los proyectos Lean Six Sigma, alineándolos con los objetivos estratégicos de la organización (Thomas *et al.* 2011, Sharma *et al.* 2014, Arcidiacono *et al.* 2016, Bazrkar, *et al.*, 2018, Moya *et al.* 2019, Raval *et al.* 2019).

Bazrkar, *et al.*, 2018 propone una serie de mediciones LSS tomando como base el Blanaced Scorecard, incluyendo la perspectiva de los proveedores.

**TABLA 9. PERSPECTIVAS, OBJETIVOS Y MEDICIONES LSS.**  
(modificado de Bazrkar, *et al.* 2018)

Perspectiva LSS	Objetivo LSS	Mediciones / criterios
<b>Perspectiva financiera</b>	Resultados comerciales	Cuota de mercado, ingresos, retorno sobre el capital invertido, porcentaje de contribución a la facturación, porcentaje de gastos fijos.
	Beneficios del mercado	Mejora de ventas, porcentaje de ventas en el desarrollo de mercado por sector, contribución (ingresos – gastos variables).
	Mejora de la productividad	Rotación de inventario, porcentaje de utilización de recursos en creación de valor, reducción de costos de producción, calculo ganancias/perdidas a diario, costo total de fabricación.
	Accionistas satisfechos y ganancias	Costos de operación, rentabilidad.
	Política de calidad	Mejor posición competitiva, reducción de costos de desecho/retrabajo, costo de penalización por entrega tardía.
	Desempeño de la organización	Flujo continuo, mejora en el desempeño de la organización.
<b>Perspectiva del cliente</b>	Satisfacción general del cliente	Ventas por cliente, índice de satisfacción del cliente, lealtad del cliente.
	Involucramiento del cliente	Participación del cliente en productos actuales / futuros, participación del cliente en demandas actuales / futuras.
	Mayor calidad y menor precio.	Enfoque sobre alta calidad y bajo precio.
	Proceso de gestión de clientes	Tiempo de respuesta de quejas, reparaciones receptivas.
	Enfoque en el cliente	Entrega justo a tiempo, contacto frecuente con clientes.
	Alineación del cliente	Comentarios del cliente.
<b>Perspectiva de procesos</b>	Procesos eficientes y confiables	Tamaño de lote, flexibilidad laboral, cambios sobre tiempo, tiempo de preparación, nivel de inventario, capacidad de proceso Cp y Cpk, eficiencia general del equipo.
	Medición de calidad y benchmarking	Aprendizaje de benchmarking (evaluación comparativa), control estadístico de procesos, costo de calidad, porcentaje reparación/reproceso, porción de defectos, practica del tablero LSS, mantenimiento preventivo de equipos.
	Procesos de gestión de operaciones.	Reducción del tiempo ciclo, reducción de los niveles (WIP work in progress), reducción del tiempo de entrega, fabricación según el takt time, porcentaje de eliminación de desperdicios, identificación de valor adicionado y valor no adicionado, rendimiento.
	Proceso de innovación	Habilidades para desarrollar nuevos productos., adopción fácil de diseños de modificación rápida, priorización de proyectos, selección, revisiones y seguimiento.



	Mejora de la calidad.	Sistematización y estandarización de procesos, conformidad cero defectos.
<b>Perspectiva de los empleados</b>	Empleados motivados y cultura LSS	Porcentaje de implementación de cambios sugeridos, política de evaluación anual y sistema de pago, cantidad de comentarios al empleado sobre su desempeño de calidad.
	Empoderar a los empleados	Grado de participación de los empleados en actividades de mejora de la calidad, grado de participación de los empleados en el proceso de toma de decisiones.
	Crecimiento de habilidades de los empleados	Hora de entrenamiento de los empleados, presupuesto para entrenamiento.
	Moral y satisfacción de los empleados	Encuesta de percepción de los empleados.
	Participación de los trabajadores	Cantidad de actividades interfuncionales.
<b>Perspectiva de los proveedores</b>	Participación del proveedor	Cantidad de participación de proveedores en proyectos / talleres de mejoras continuas, participación del proveedor en la formación de la calidad de la organización.
	Desarrollo de proveedores	Utilizar un enfoque conjunto de resolución de problemas, evaluación continua del desempeño del proveedor, promedio de entrega tardía / costo de penalización promedio deducido.
	Entrega justo a tiempo	El proveedor participa en el proceso de desarrollo de nuevos productos, el proveedor proporciona la entrega base JIT, duración promedio del contrato con el proveedor.
	Gestión de calidad de proveedores	Cantidad de comentarios sobre la calidad y el rendimiento de entrega, porcentaje promedio de pagos a tiempo al proveedor, periodo de crédito anticipado promedio del proveedor.
	Relación con el proveedor	Comunicación frecuente con el proveedor, proveedor comprometido con la reducción anual de costos.

En la **Tabla 9** se muestran las perspectivas LSS (financieras, clientes, procesos, empleados y proveedores), los objetivos por cada perspectiva y ejemplos de medición para cada objetivo. Este enfoque generaliza a los participantes principales en actividad comercial y brinda indicadores para su monitoreo y evaluación.



---

## Capítulo Tres: Caso de estudio

---

*“Nada tiene tanto poder para ampliar la mente, como la capacidad de investigar de forma sistemática y real todo lo que es susceptible de observación en la vida”.*

**Marco Aurelio**

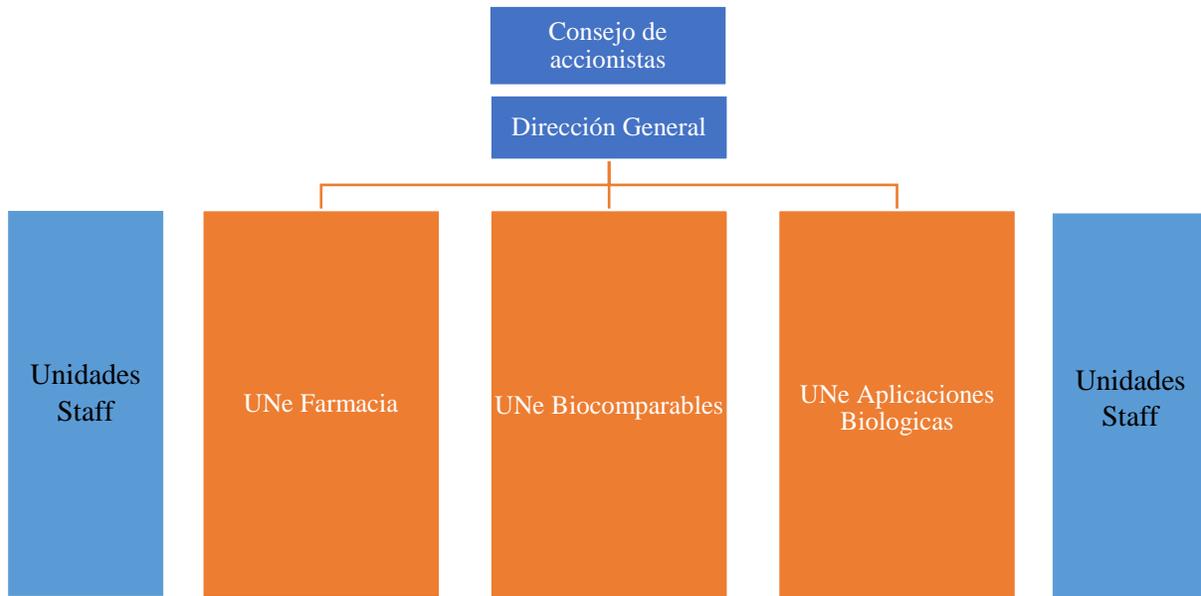


### 3.1 Laboratorios de Especialidades Inmunológicas, S.A. de C.V.

Laboratorios de Especialidades Inmunológicas, S.A de C.V. (LEI) es una empresa familiar<sup>1</sup> 100% mexicana fundada en 1991, que atiende con buenas prácticas de innovación y desarrollo tecnológico una necesidad social, apoyando a la autoridad en el control y vigilancia sanitaria de medicamentos biológicos (hemoderivados y biotecnológicos), alimentos, cosméticos y dispositivos médicos (disponible en <https://pnt.org.mx/2019/05/02/laboratorios-de-especialidades-inmunologicas/>).

La constituyen aproximadamente de 200 empleados de diferentes niveles de estudio desde personal de apoyo, técnicos, licenciados, maestros y doctores en diferentes ramas del conocimiento; siendo del área medico biológicas con mayor predominio de profesionistas.

Actualmente los LEI están en una etapa de profesionalización empresarial y formación directiva de la estrategia; para obtener una operatividad efectiva dividieron sus distintas especialidades de servicio en Unidades de Negocio y rediseñaron sus Unidades Staff para el soporte y gestión de los recursos.



**FIGURA 16. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LOS LEI.**

<sup>1</sup>Aquella organización de propiedad de una familia, que tiene control y administra manteniendo la expectativa de que la empresa continúe de una generación a otra (Miller & Le-Breton, 2005).



Para el cumplimiento del deber social hacia con la salud de los mexicanos establecieron la siguiente misión y visión:

### Misión:

*“En los Laboratorios de Especialidades Inmunológicas estamos comprometidos con la calidad en los servicio científicos y analíticos de hoy, en veneficio de la salud del mañana”.*

### Visión

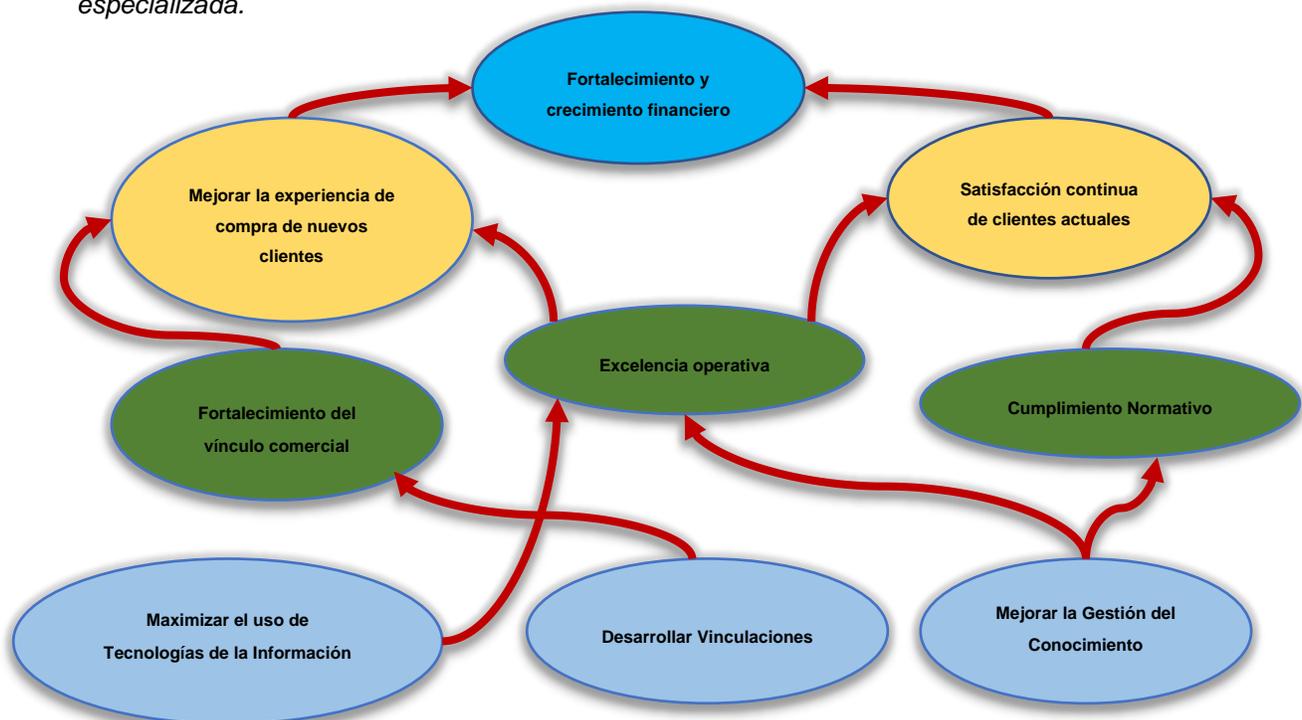
*“Nuestro destino es trascender a nivel mundial por nuestros servicios especializados, para mejorar la salud de la humanidad, cuidando el ambiente”.*

Fuente: <http://www.lei.mx/acerca-de-laboratorios-de-especialidades-inmunologicas-lei/>. Consultado 12/02/20

## 3.2 Establecimiento de la estrategia.

Primeramente, se estableció la estrategia de la organización para los cuales se desarrollaron mapas estratégicos según el siguiente razonamiento lógico de relaciones causales (**Figura 17**). De esta manera se establece y comunica la estrategia a toda la organización para el cumplimiento de la visión.

**Nota:** los datos que en el presente capítulo se muestran fueron modificados para guardar la confidencialidad; muchos de los cuales son genéricos y pueden encontrarse en literatura especializada.



**FIGURA 17. TEMAS ESTRATÉGICOS**



En la **Figura 17** se muestra que para lograr el fortalecimiento y crecimiento financiero de la empresa se debe lograr la satisfacción de clientes actuales y mejorar la experiencia de compra de nuevos clientes. Estos a su vez dependen de fortalecer el vínculo comercial el cumplimiento normativo (mantener las autorizaciones vigentes) y obtener la excelencia en los procesos analíticos que a su vez dependen de maximizar el uso de tecnologías de la información, desarrollar vinculaciones y gestionar el conocimiento de la mejor manera.

Es importante realizar un buen análisis de valor percibido para un adecuado desarrollo de las iniciativas y para ellos se utilizó herramienta LSS [VOC: voice of customer (voz del cliente)]; que extrapolado al balanced scorecard se puede desarrollar también [VOE: voice of the employees (voz de los empleados)], [VOS: voice of the shareholder (voz de los accionistas)] y [VOP: voice of process (voz de proceso)].

Como ejemplo se toma el tema estratégico “satisfacción continua de clientes actuales” para desarrollar la voz del cliente. Esta se puede realizar por dos rutas diferentes; a) de manera proactiva (mediante encuestas, entrevistas, grupos de enfoque, sugerencias, observando e interactuando con el cliente sobre el valor percibido del producto o servicio) o b) de manera reactiva (evaluación de quejas, reclamos, devoluciones, reclamos, etc.). En este caso, se realizó el análisis de voz del cliente de manera reactiva, para ello se analizaron las quejas emitidas por los clientes entre el periodo 2016 al 2019 (Tabla 10).

**TABLA 10. ANÁLISIS DE VOZ DEL CLIENTE.**

Atributos del servicio	Comunicación y seguimiento de las solicitudes (cotizaciones, ordenes de estudio)	Errores en informes de análisis	Estándares e insumos no disponibles	Errores constantes en las pruebas analíticas	Recolección rápida, completa y adecuada al tipo de muestra.	Mal manejo y resguardo de las muestras	Fallas que equipo	Revisar y actualizar las metodologías
<b>Total</b>	17	12	10	8	8	4	3	3
<b>Porcentaje</b>	26.2	18.5	15.4	12.3	12.3	6.2	4.6	4.6

19). A continuación, se muestra los resultados en un diagrama de Pareto (Figura

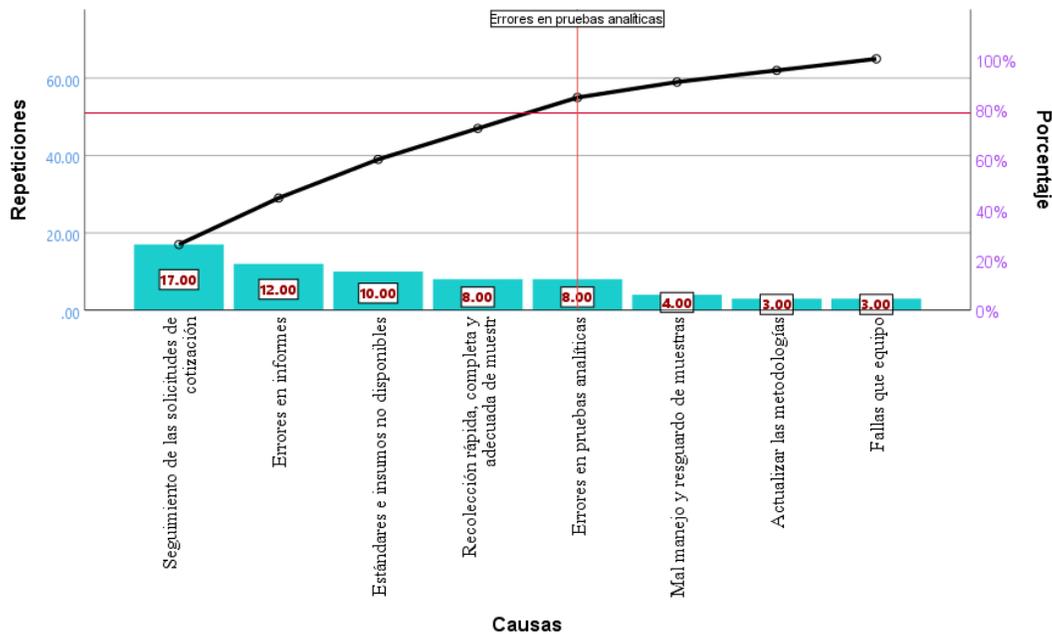


FIGURA 18. DIAGRAMA DE PARETO PARA LOS ATRIBUTOS DE SERVICIO (VOZ DEL CLIENTE).

Es posible describir estos atributos de manera matemática para facilitar la comprensión de las relaciones causa-efecto.

$$y = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + \epsilon_0$$

#### ECUACIÓN 4. VOZ DEL CLIENTE.

Donde:

- Y = Satisfacción continua de nuestros clientes (CTQ).
- X<sub>1</sub> = Comunicación y seguimiento de las solicitudes del cliente.
- X<sub>2</sub> = Entregar informes de análisis sin errores.
- X<sub>3</sub> = Estándares e insumos en stock con cantidad adecuada.
- X<sub>4</sub> = Errores constantes en las pruebas analíticas.
- X<sub>5</sub> = Recolección rápida, completa y adecuada al tipo de muestra.
- X<sub>6</sub> = Mal manejo y resguardo de las muestras.
- X<sub>7</sub> = Equipos listos para sus análisis.
- X<sub>8</sub> = Actualización de metodologías.
- ε<sub>0</sub> = Error experimental

Donde el crítico para la calidad, satisfacción continua de nuestros clientes, descrito en el mapa estratégico **Figura 18** depende de: 1) entrega de informes sin errores, 2) el mantener los insumos y estándares en cantidad adecuada antes de iniciar el análisis, 3) mantener un estrecho seguimiento y comunicación a las



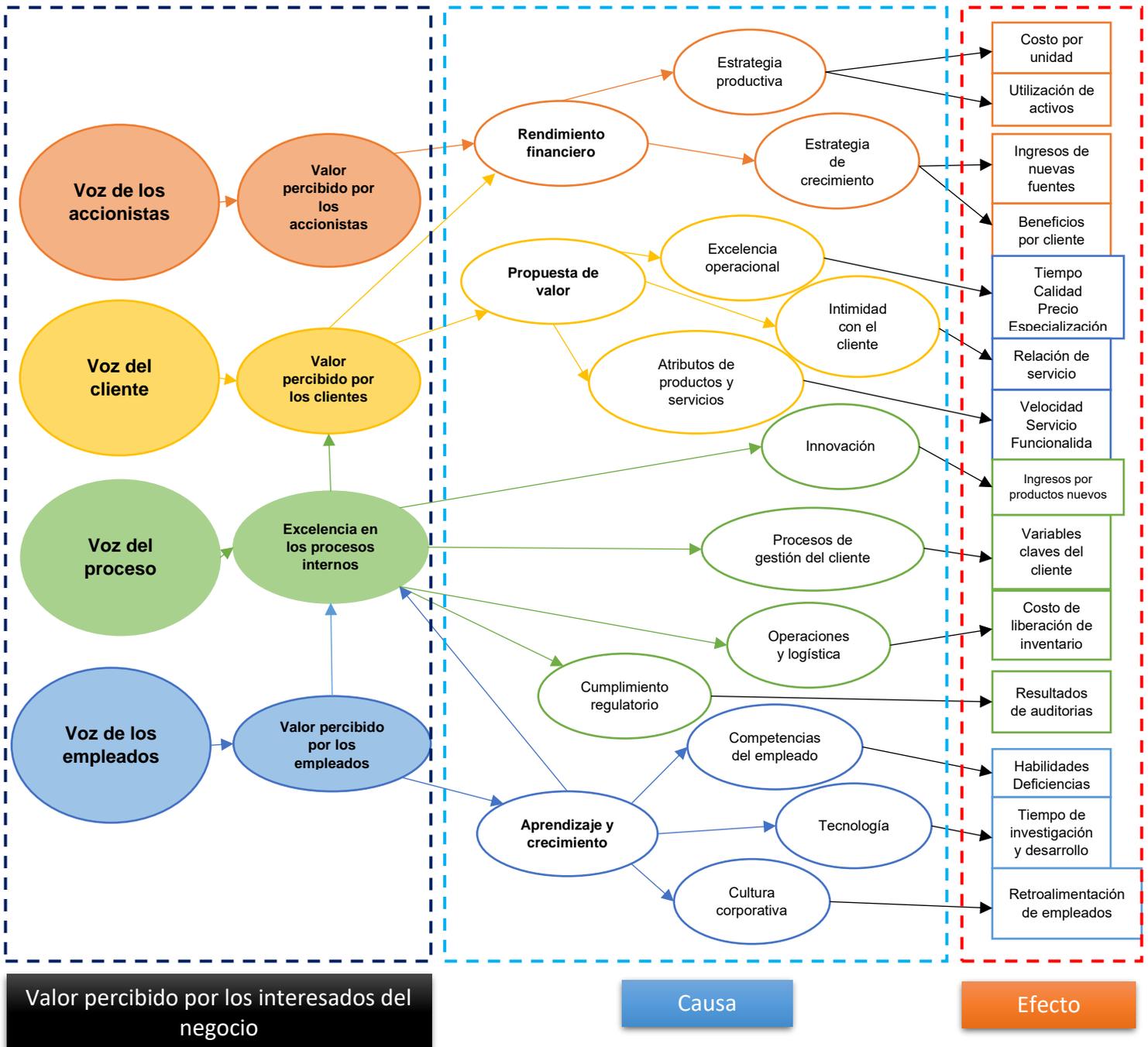
solicitudes del cliente, 4) programación rápida, completa y adecuada al tipo de muestra, 5) disminución de los errores analíticos, 6) manejo y resguardo adecuado de las muestras, 7) equipos listos y disponibles para las pruebas y 8) actualización constante de las metodologías.

Cada variable independiente ( $X_n$ ) establecida en la ecuación 4 describe las mejoras para alcanzar la meta planeada (CTQ o tema estratégico). Y por ende se establece el Balanced Scorecard operativo **Tabla 11**.

**TABLA 11. BALANCED SCORECARD OPERATIVO**

Satisfacción continua de nuestros clientes	Objetivo ¿Qué?	Meta ¿Cuánto?	Indicador ¿Cómo se mide?	Iniciativa ¿Cómo?
<b>Comunicación y seguimiento de las solicitudes del cliente</b>	Mejorar los canales de comunicación con el cliente	90 % de seguimiento de las solicitudes de cliente en el periodo	Quejas por seguimiento de solicitudes	Desarrollar una plataforma de seguimiento a las solicitudes del cliente.
<b>Entregar informes de análisis sin errores</b>	Entregar informes de análisis sin errores	95% de informes sin errores	Quejas por errores en los informes entregados	Mapear el proceso para incluir puntos críticos de control
<b>Estándares e insumos en stock con cantidad adecuada</b>	Mantener estándares en cantidad necesaria	90 % de los estándares más utilizados	Entregas fuera de tiempo derivadas de estándares	Desarrollar una plataforma de suministro de insumos (punto de reorden)
<b>Errores constantes en las pruebas analíticas</b>	Minimizar el error analítico por factor humano	95 % de pruebas sin errores derivado del factor humano.	Entregas fuera de tiempo derivadas de errores analíticos	Conformar un equipo de supervisores eficientes.
<b>Recolección rápida, completa y adecuada al tipo de muestra</b>	Realizar la recolección adecuada y oportuna de las muestras de estudio	95 % de recolección adecuada y oportuna	Quejas de clientes derivadas de inadecuada recolección	Desarrollar una plataforma para incluir especificaciones y seguimiento de muestras

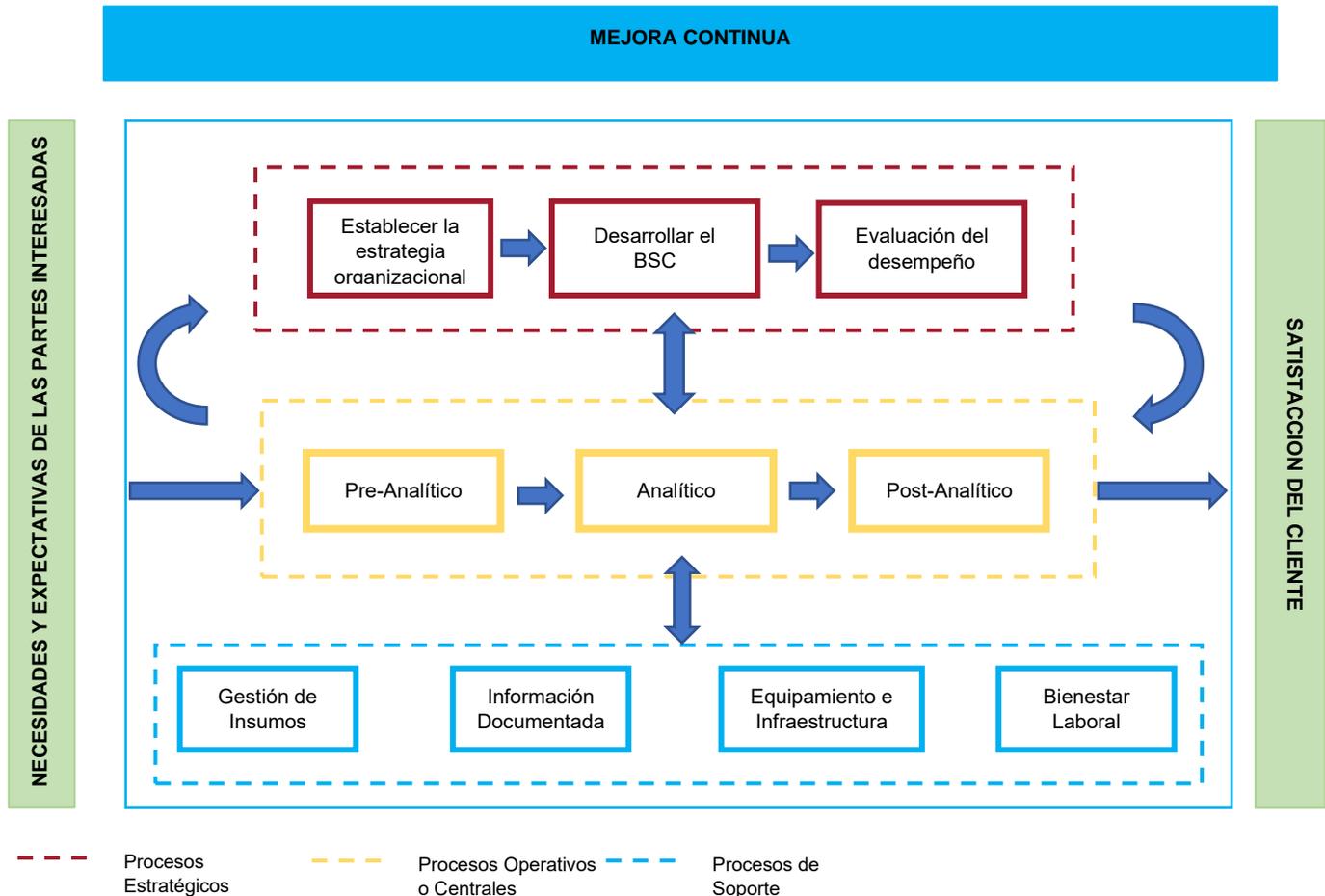
Las relaciones causales (causa-efecto) permiten exponer a la organización a la causa y seguir en el tiempo el fenómeno organizacional de manera que permita evaluar el efecto en los valores percibidos por los actores de la empresa: accionistas, clientes y empleados **Figura 19**.



**FIGURA 19. ACTORES ORGANIZACIONALES Y SU RELACIÓN CAUSA-EFECTO.**  
Modificado de Pyzdek, 2004

### 3.2 Alinear los procesos a la estrategia de la organización.

Una vez desarrollado los mapas estratégicos y tácticos se realizó el mapeo de procesos para determinar una ruta común entre las diferentes unidades de negocio con las unidades staff mediante reuniones periódicas con los dueños del proceso (operarios, jefes y gerentes). De esta manera se desarrollaron diagramas SIPOC [Supplier - Inputs - Process - Output – Customer: Proveedores - entradas - proceso – salidas - clientes] para caracterizar el proceso y establecer el flujo único que permitirá detectar las interacciones entre las diferentes áreas, identificando y removiendo tareas duplicadas; dando como resultado un mapa de proceso de alto nivel como se muestra a continuación (**Figura 20**).



**FIGURA 20. DIAGRAMA GENERAL DE LA GESTIÓN DE LA EMPRESA (NIVEL 1).**



Como se puede observar en el mapa de procesos de alto nivel se integran los procesos estratégicos al proceso central del servicio y a los procesos de soporte. Para una mejor comprensión se fraccionó el proceso operativo en tres etapas (etapa 1: pre-analítica, etapa 2: analítica y etapa 3: post-analítica).

Los procesos estratégicos están fraccionados en tres grupos importantes el establecimiento y formulación de la estrategia organizacional, la comunicación de la estrategia a partir del balanced scorecard y la evaluación del desempeño siendo este el punto de inicio para el manteniendo y mejora del sistema.

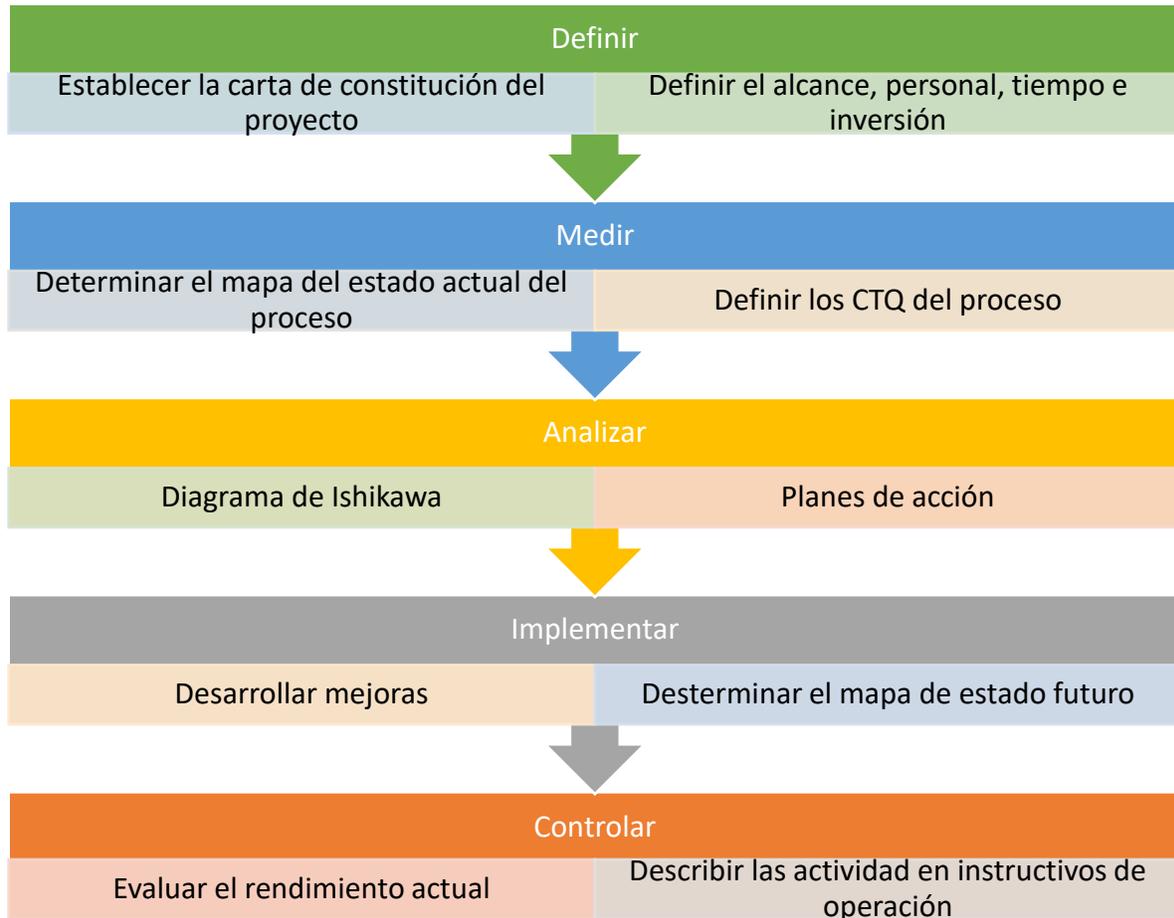
Los procesos de soporte se dividieron en cuatro grupos: 1) gestión de insumos, 2) información documentada, 3) equipamiento e infraestructura y 4) bienestar laboral. Una descripción detallada de las actividades se muestra en el Anexo 1.

### **3.3 Desarrollo de los proyectos de mejora.**

Una vez establecido el Balanced Scorecard, se selecciona el tema estratégico de interés para la empresa y se desarrolla el proyecto de mejora.

Las mejoras al proceso bajo la filosofía Lean Six Sigma se gestionan bajo el ciclo DMAIC y las mejores prácticas de dirección de proyectos. Existen varias guías para la dirección de proyectos; una de las más utilizada es la guía PMBOK (*Project management body of knowledge*; fundamentos para la dirección de proyectos) y una guía se muestra en el Apéndice B.

A continuación, se muestra el ciclo DMAIC y algunos puntos importantes para cada fase **Figura 21**.



**FIGURA 21. MAPA DE RUTA PARA EL DESARROLLO DE MEJORAS LSS**

### 3.3.1 Fase 1: Definir

Para este proyecto piloto se seleccionó el tema estratégico “excelencia operativa”, para lo cual se desarrolló la voz del proceso y se determinó que existía un 85 % de entregas a tiempo.

Se analizaron las fases del proceso principal de la generación del servicio pre-analítico, analítico y post-analítico (**Figura 20**) y se fraccionó en ocho etapas: recepción, aceptación, asignación, análisis, reporte, revisión de reporte, certificado y entrega de resultados (**Figura 22**).

El proyecto de mejora se centró en las dos primeras etapas; recepción y aceptación. Se revisaron las especificaciones en cuanto tiempo de recepción y aceptación de las ordenes de estudio y el tiempo de espera entre cada fase.

Se desarrolló carta de constitución del proyecto y se conformó al equipo que participará en el proyecto. En ese caso el grupo asignado fue personal a cargo de la recepción, aceptación, personal de gestión de calidad y personal de Tecnologías de la Información. Con el objetivo de lograr disminuir el tiempo de espera en cada una de las etapas analizadas.

### 3.3.2 Fase 2: Medir

Para determinar el estado actual del proceso se realizó un mapa de flujo de valor (Figura 22) además de un análisis de capacidad del proceso (Figura 23). El análisis se realizó únicamente para las veinte pruebas analíticas de mayor demanda para la empresa en el año 2018. El crítico para la calidad que se evaluó fue el tiempo de espera entre la etapa de recepción-aceptación y entre la etapa de aceptación-asignación.

#### Mapa de flujo de valor (presente)

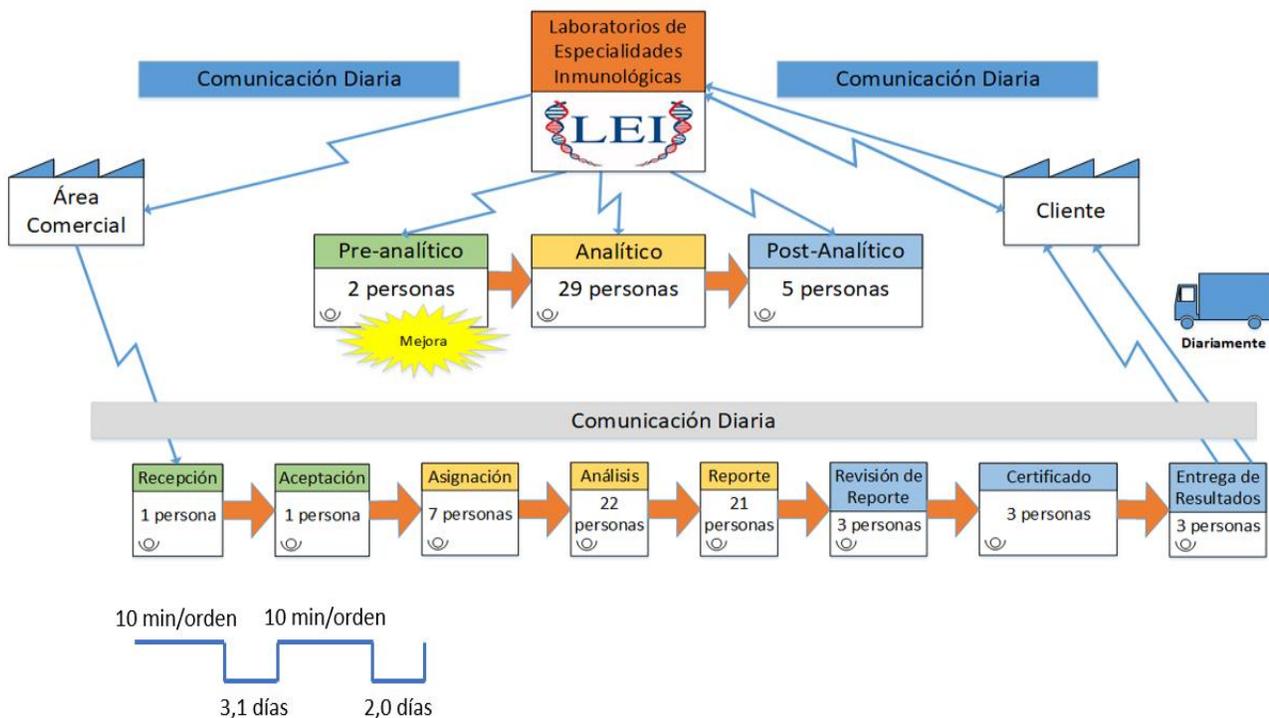
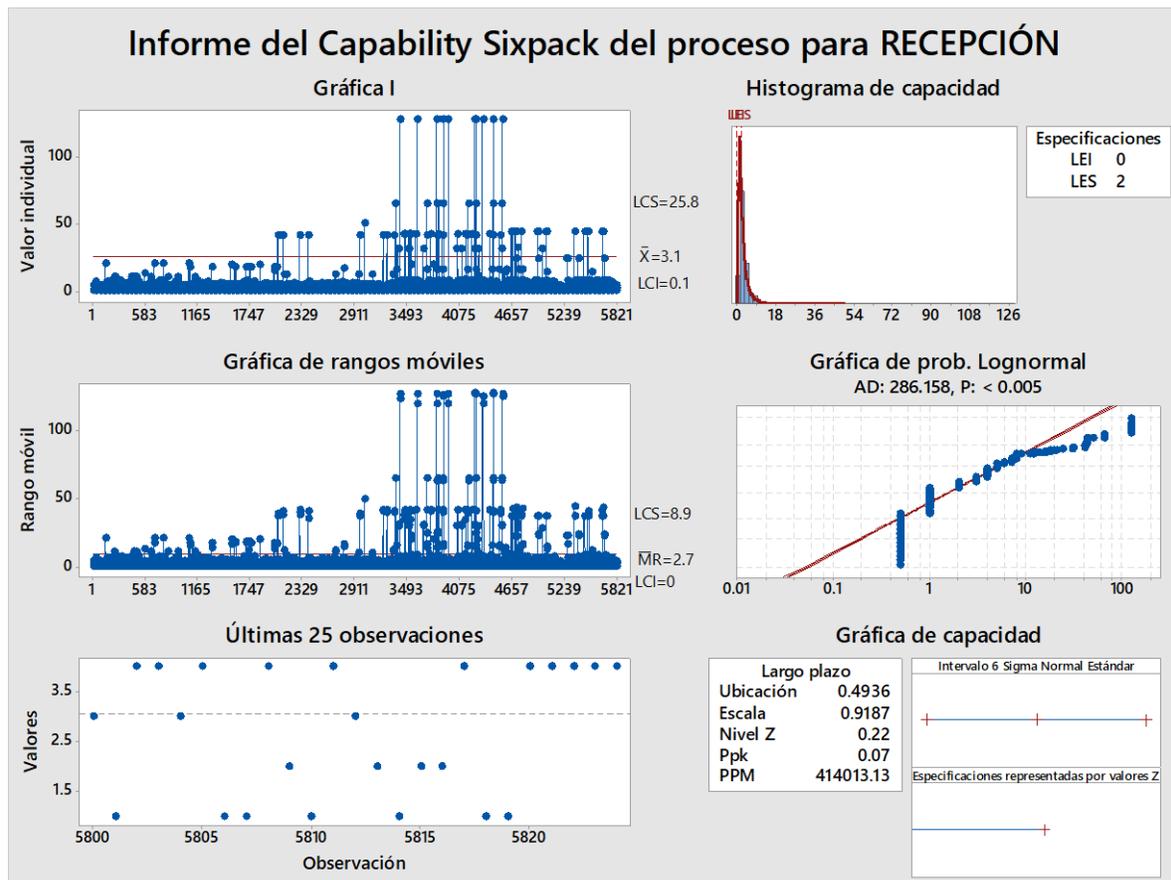


FIGURA 22. MAPA DEL ESTADO PRESENTE.

En el mapa de flujo de valor se observa que el tiempo de recepción por solicitud es de aproximadamente 10 min/orden para la etapa de recepción y el tiempo de espera entre la recepción y la aceptación es de 3,1 días en promedio. Además, el tiempo de aceptación de 10 min/orden y el tiempo de espera es de 3,1 días en promedio para la etapa de aceptación-receptación.

Estos datos fueron obtenidos del análisis de tiempos del enero a mayo del año 2018 del Sistema Integral de Control de Datos de la empresa y analizados por paquetería Minitab® Ver. 18.1 cuyos resultados se muestran en las **Figuras 23-26**.



**FIGURA 23. ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE PROCESO PARA EL PROCESO DE RECEPCIÓN.**

Se analizaron un total de 5824 solicitud de estudio de enero a mayo del 2018. La distribución que mejor se ajustó al proceso fue lognormal, como se puede observar el promedio de tiempo que lleva registrar una muestra es de 3.1 días, el nivel sigma es de 1.72 (nivel  $Z_{LP} + 1.5$ ) con DPMO (defectos por millón de oportunidades) de 414013.13. En la **Figura 24** se muestra la estadística descriptiva.

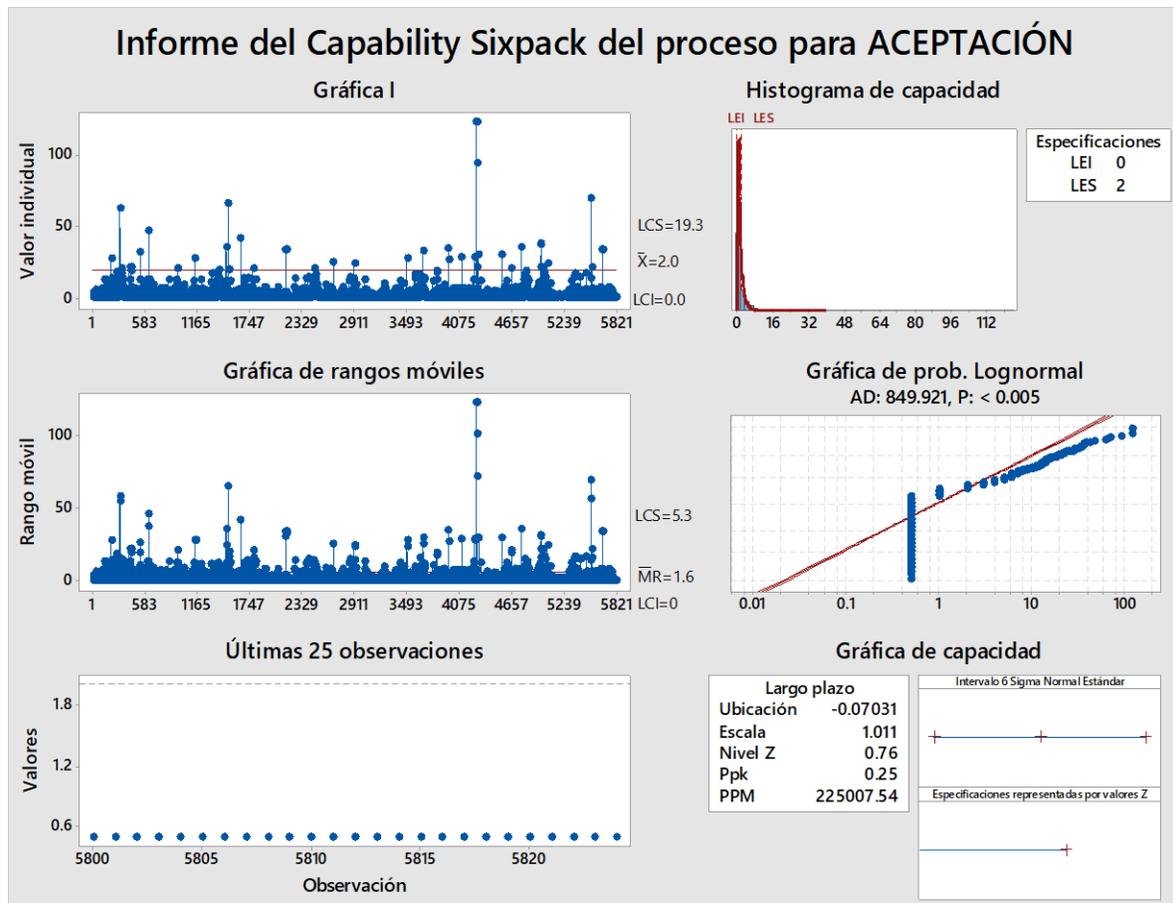
### Estadísticos descriptivos: RECEPCIÓN

**Estadísticas**

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
RECEPCIÓN	5824	0	3.074	0.101	7.739	0.500	1.000	1.000	3.000	127.000

**FIGURA 24. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA EL PROCESO DE RECEPCIÓN**

Para la parte de aceptación se analizaron un total de 5824 solicitud de estudio. Como se puede observar el promedio de tiempo que lleva registrar una muestra es de 2,0 días, el nivel sigma es de 0.76 (nivel  $Z_{LP} + 1.5$ ) con DPMO (defectos por millón de oportunidades) de 225007.55. En la **Figura 26** se muestra la estadística descriptiva.



**FIGURA 25. ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE PROCESO PARA EL PROCESO DE ACEPTACIÓN.**

**Estadísticos descriptivos: ACEPTACIÓN**

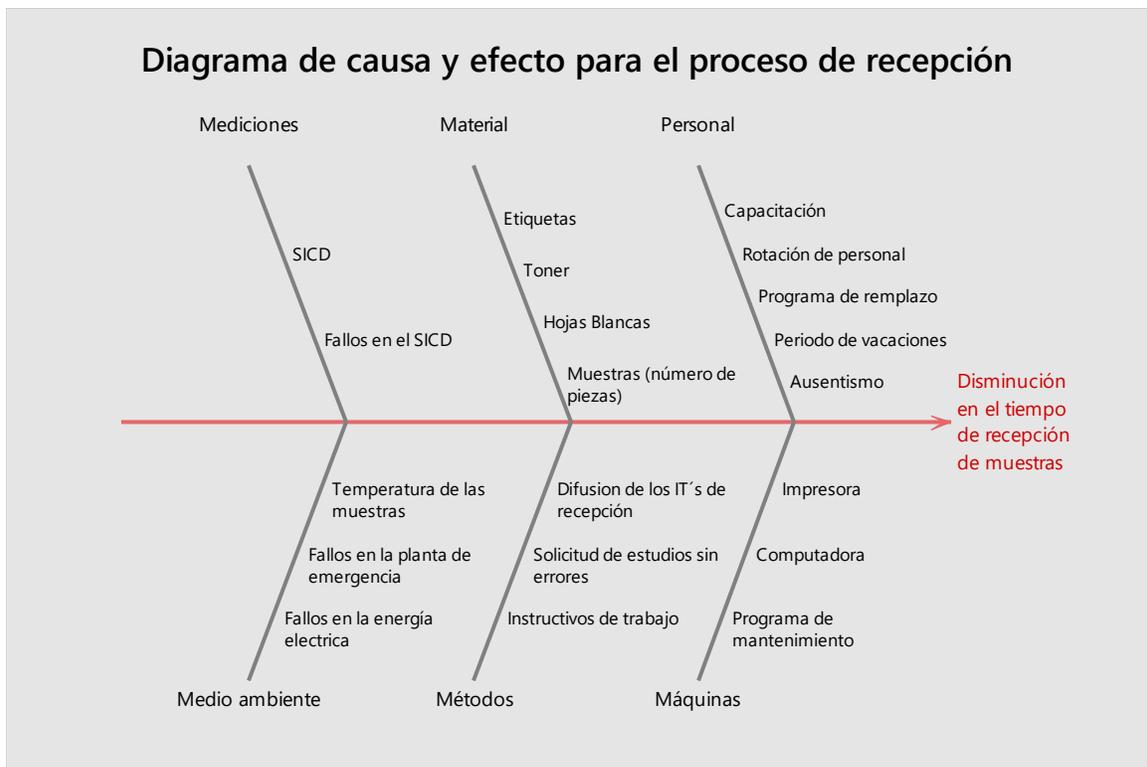
**Estadísticas**

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
ACEPTACIÓN	5824	0	2.019	0.0613	4.674	0.500	0.500	0.500	1.000	123.000

**FIGURA 26. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA EL PROCESO DE RECEPCIÓN.**

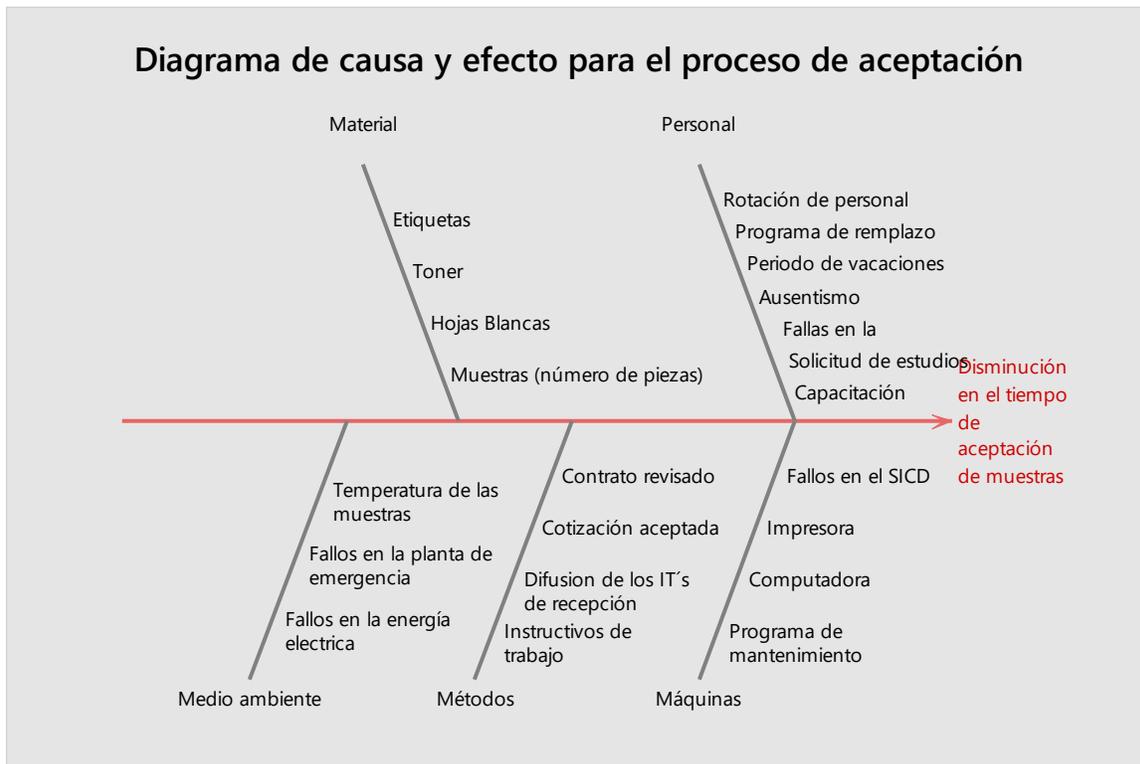
### 3.3.3 Fase 3: Analizar

Para determinar las causas que intervienen en el tiempo de recepción y aceptación se realizó un diagrama de causa-efecto (**Figuras 27 y 28**).



**FIGURA 27. DIAGRAMA DE CAUSA EFECTO (RECEPCIÓN).**

Para el caso de recepción se abordaron las causas a través de un plan de acción para eliminar la causa en el aumento del tiempo de proceso (programa de reemplazo, fallas en el SICD y capacitación del personal).

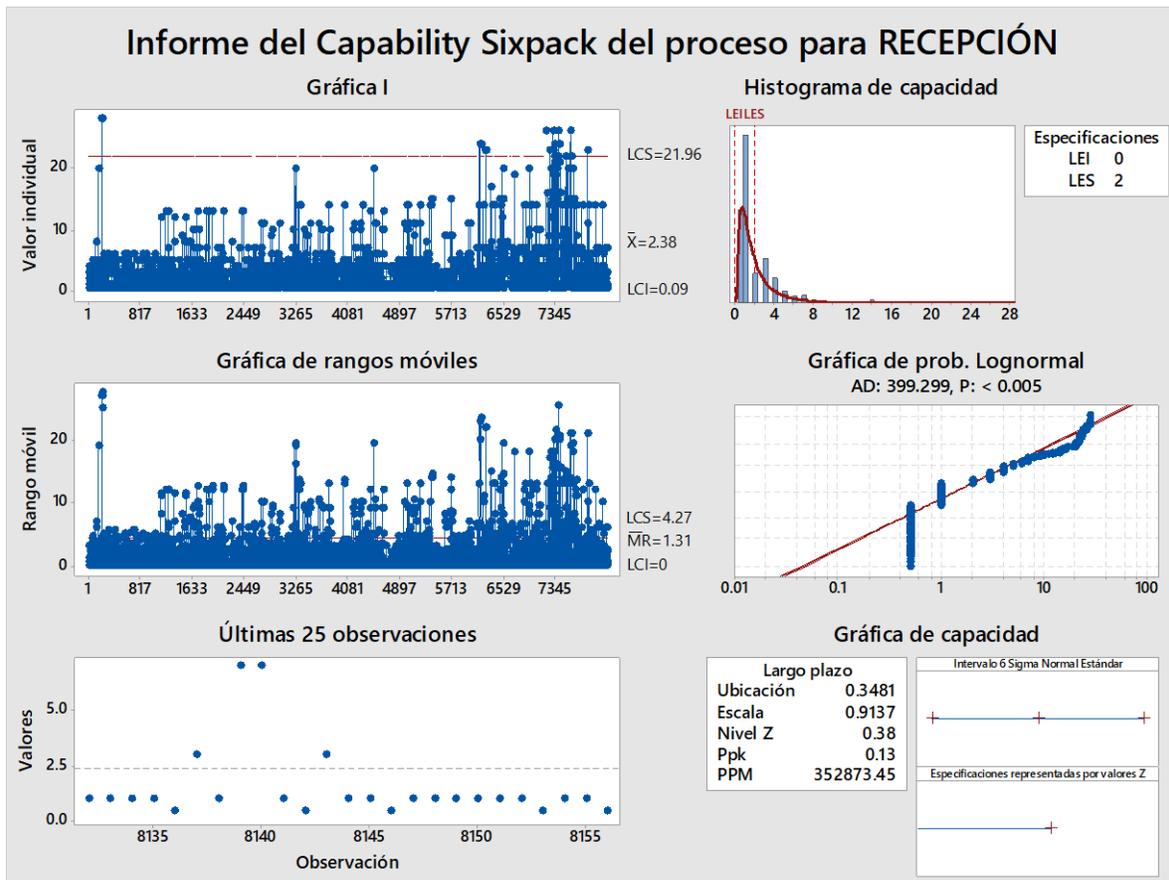


**FIGURA 28. DIAGRAMA DE CAUSA EFECTO (ACEPTACIÓN).**

Para el caso de la etapa de aceptación se abordaron las causas a través de un plan de acción para eliminar la causa en el aumento del tiempo de proceso (programa de reemplazo, fallas en el SICD, capacitación del personal, errores en la captura en la etapa de recepción).

### 3.3.4 Fase 4: Mejorar

Después de realizarse las mejoras se revisó nuevamente el proceso entre enero y mayo de 2019 y se analizó el impacto de las mejoras (se analizó un total de 8156 órdenes de estudio). La distribución que mejor se ajustó al proceso fue lognormal, como se puede observar el tiempo promedio que lleva registrar una muestra es de 2.38 días, el nivel sigma es de 1.88 (nivel  $Z_{LP} + 1.5$ ) con DPMO (defectos por millón de oportunidades) de 352873.45, **Figuras 29 y 30.**

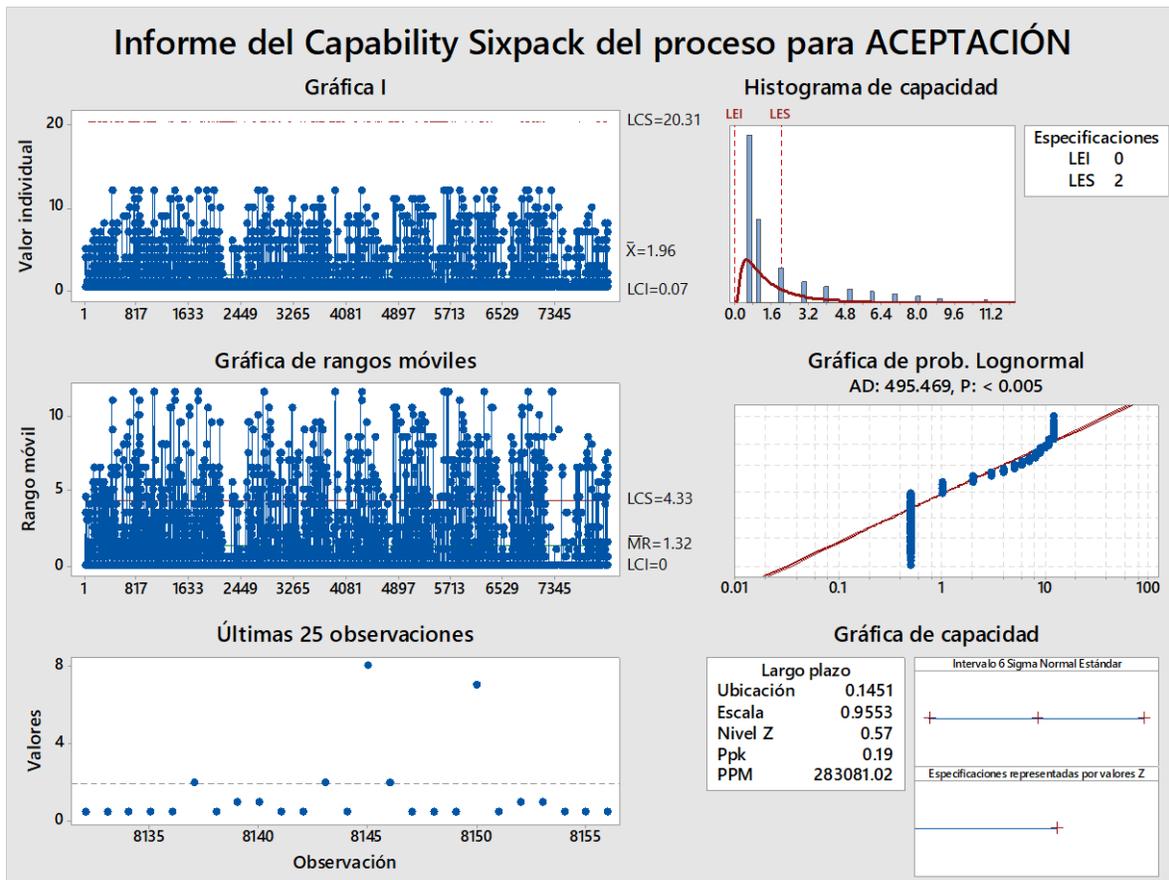


**FIGURA 29. ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE PROCESO PARA EL PROCESO DE RECEPCIÓN.**

Estadísticas										
Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
RECEPCIÓN	7919	237	2.3758	0.0383	3.4069	0.5000	1.0000	1.0000	3.0000	28.0000

**FIGURA 30. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA EL PROCESO DE RECEPCIÓN**

Los resultados para el proceso de aceptación fueron los siguientes: el tiempo promedio de registro es 1.96 días, el nivel sigma es de 2.07 (nivel  $Z_{LP} + 1.5$ ) con DPMO (defectos por millón de oportunidades) de 283081.02. **Figuras 31 y 32.**



**FIGURA 31. ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE PROCESO PARA EL PROCESO DE ACEPTACIÓN.**

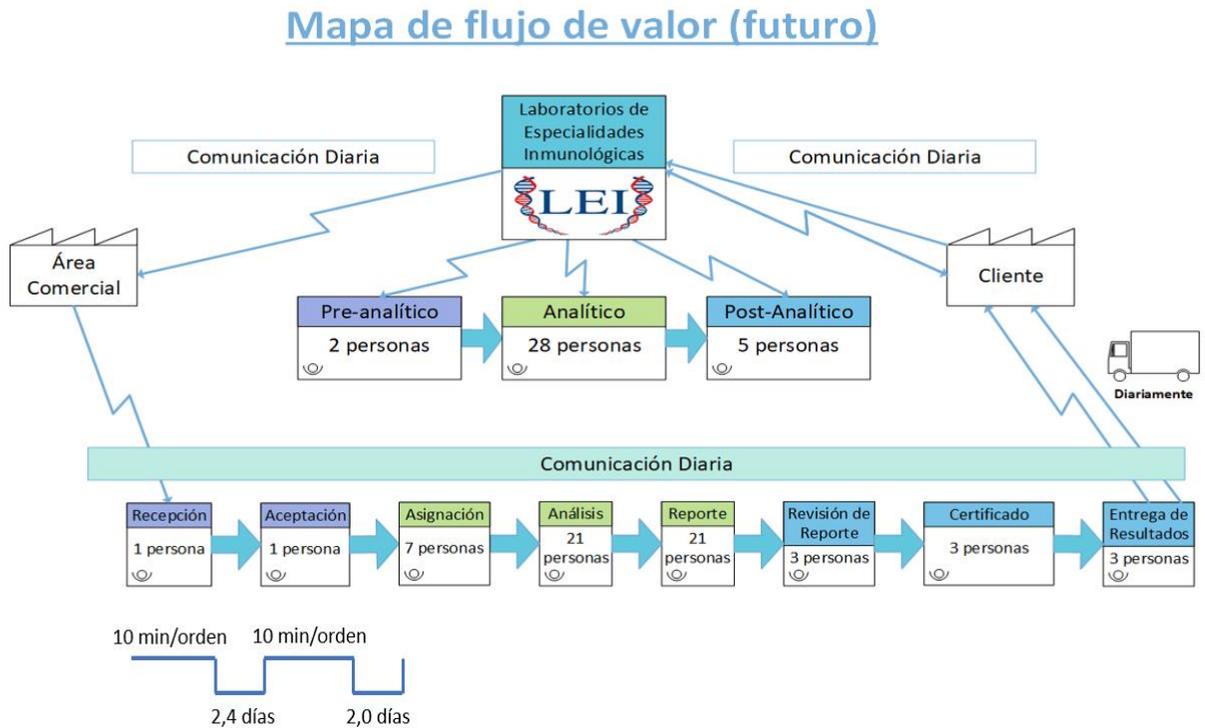
### Estadísticas

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
ACEPTACIÓN	6682	1474	1.9572	0.0288	2.3551	0.5000	0.5000	1.0000	2.0000	12.0000

**FIGURA 32. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA EL PROCESO DE ACEPTACIÓN.**

### 3.3.5 Fase 5: Controlar.

El mapa del flujo de valor futuro se muestra en la **Figura 33**, donde se muestra que el tiempo promedio de recepción es de 2.4 días y para el caso de aceptación es de 2.0 días.



**FIGURA 33. MAPA DEL ESTADO FUTURO.**

Como se puede observar en la **Tabla 12** se mejoró el tiempo de espera promedio para la fase de recepción al igual que el nivel sigma (variación del proceso) al pasar de 1,72 a 1.88. Aunque para el caso de la fase de aceptación el tiempo de espera promedio paso de 2.0 a 1.96 y el nivel sigma paso de 2.26 a 2.07 lo que indica que el proceso se mantuvo y pareciera que no se observó mejoría en la eficiencia, las lecciones aprendidas de este proyecto piloto permitieron un análisis profundo en las cualidades del gestor de proyectos las cuales se discutirán en apartado siguiente.



**TABLA 12. COMPARACIÓN DE LOS PROCESOS ANTES Y DESPUÉS.**

Atributo	Recepción			Aceptación		
	Antes	Después	Diferencia	Antes	Después	Diferencia
<b>Tiempo de espera promedio</b>	3.1	2.38	<b>0.72</b>	2.0	1.96	<b>0.04</b>
<b>Nivel Sigma</b>	1.72	1.88	<b>0.16</b>	2.26	2.07	<b>-0.19</b>
<b>DPMO</b>	414013.13	352873.45	<b>61139.68</b>	225007.54	283081.02	<b>-58073.48</b>

El estado final del proceso es la línea base para la siguiente operación en la iteración hasta lograr el nivel adecuado del proceso que satisfaga las expectativas de los clientes e inversionistas.

### **3.4 Factores críticos para el éxito de la implementación LSS durante el estudio de caso.**

Para cualquier programa de mejora, discutir las dificultades encontradas en proyectos anteriores proporciona valiosas lecciones aprendidas las cuales deben ser cuidadas al comenzar un nuevo proyecto (Kumar, *et al.* 2006), durante el análisis de los proyectos realizados y analizados en este caso de estudio se determinaron las siguientes:

- ✓ El mapa de flujo de valor es una herramienta útil para determinar las interacciones entre áreas, duplicidad de actividades, nivelación de actividades, identificar cuellos de botella, visualizar el flujo de trabajo e información, determinar la relación valor agregado/ valor agregado, entre otras.
- ✓ El compromiso de la alta dirección hacia los proyectos de mejora facilita el involucramiento de toda la organización.
- ✓ El avance y los resultados proyectos de mejora deben ser vinculados con las actividades estratégicas en caso particular el Balaced Scorecard.
- ✓ Las actividades de planeación estrategia y las actividades del gestor de proyectos deben estar alineados al sistema de gestión de calidad.
- ✓ Los incentivos económicos ligados a los avances de los proyectos, plasmado en los objetivos de la unidad son importantes, sin embargo, se deben considerar otros incentivos emocionales, por ejemplo, el esparcimiento, el involucramiento de las familias a las actividades de esparcimiento, flexibilidad laboral, etc.
- ✓ Los líderes de proyecto deben interactuar diariamente con los colaboradores del proceso de manera que facilite el dialogo y recolecten comentarios hacia las oportunidades de mejora.



- ✓ Las jornadas para la generación de ideas internas, para la mejora de procesos y de innovación; fortalecen cultura organizacional y alientan a los colaboradores a dirigir sus esfuerzos hacia la mejora continua, sin embargo, debe existir un compromiso de la dirección hacia la ejecución del proyecto.

El análisis de caso establece que el Balanced Scorecard puede ser usado como un instrumento de selección y evaluación de proyectos estratégicos para el funcionamiento de la empresa y la caja de herramientas Lean Six Sigma logra integrarse al desarrollo de las iniciativas o temas estratégicos; logrando así una sinergia para el desarrollo tanto operativo como organizacional de la empresa.



---

## **Capítulo Cuatro: Modelo Estratégico Lean Six Sigma**

---

“Investigar es ver lo que todo el mundo ha visto, y pensar lo que nadie más ha pensado”.

Albert Szent-Györgyi



#### 4.1 Porque integrar Lean Six Sigma con el Balanced Scorecard

Existe la necesidad de desarrollar un marco de integración estratégico y operativo para implementar Lean Six Sigma en PyMEs (Thomas *et al.*, 2009, Timans *et al.*, 2016, Arciciacono *et al.*, 2016 y Raval *et al.*, 2019). La integración del Balanced Scorecard con Lean Six Sigma mejora la eficiencia e innovación de la organización y trabaja sucesivamente como plataforma para una ventaja competitiva sostenida (Raval *et al.*, 2019).

No se encontraron trabajos publicados sobre la implementación de Lean Six Sigma y Balanced Scorecard en organizaciones mexicanas que describa un marco de referencia de implementación conjunta.

Como comenta (Banuelas, *et al.* 2002) Lean Six Sigma requiere integrarse en el conjunto de la estructura organizacional, la alta dirección debe compartir con los accionistas y las partes interesadas los avances de los proyectos y vincular Lean Six Sigma a la estrategia empresarial de la organización.

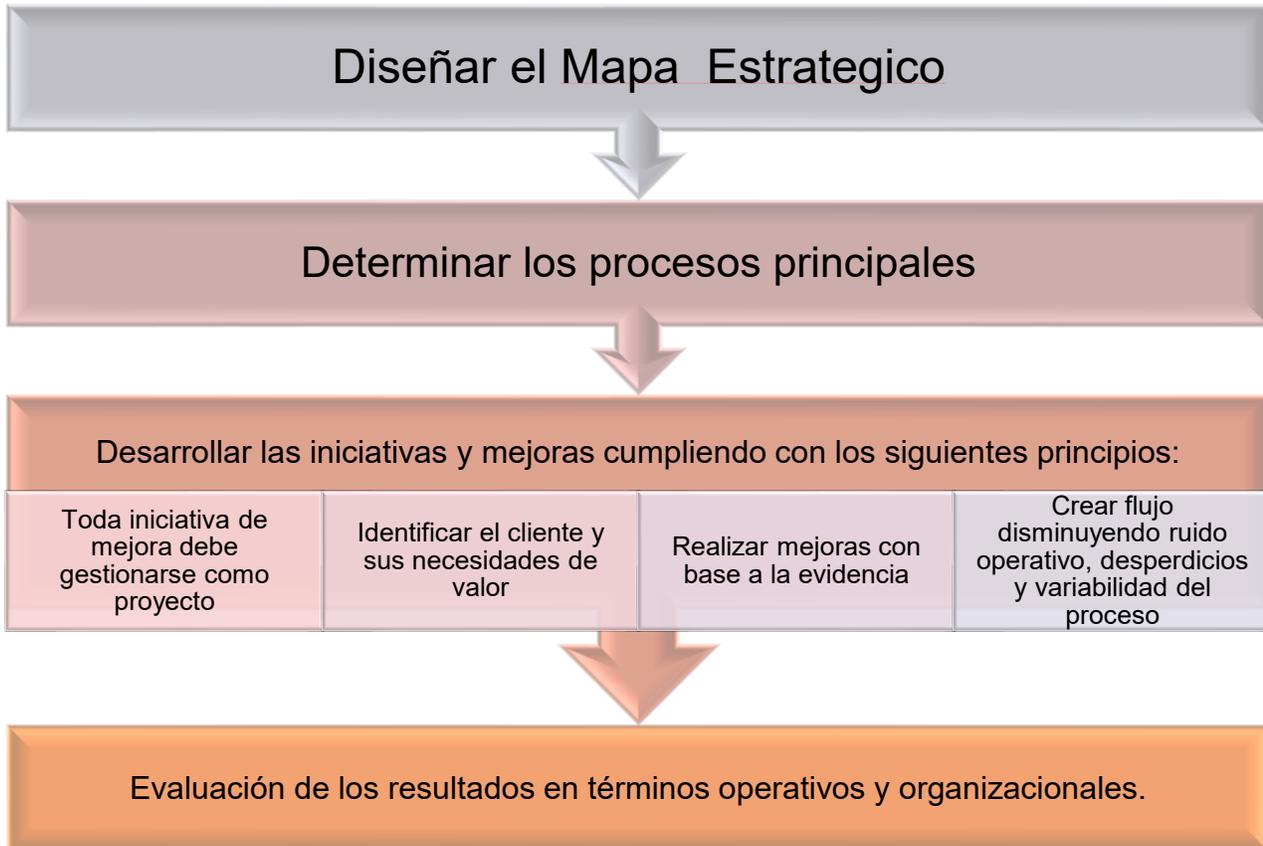
El modelo propuesto está compuesto de los factores críticos de éxito, recomendaciones y lecciones aprendidas de los diferentes autores analizados durante la revisión bibliográfica y el análisis de proyectos de mejora desarrollados en los Laboratorios de Especialidades Inmunológicas. SA. de C.V.

La integración del proceso estratégico al proceso operativo mejora la comunicación y el seguimiento; involucrando a la alta dirección y destinando los recursos necesarios (Arciciacono *et al.*, 2016).

#### 4.2 Estructura del Modelo Lean Six Sigma Estratégico (LSS<sup>E</sup>)

El modelo para la implementación exitosa de la filosofía Lean Six Sigma dentro de una empresa u organización se centra en la formación del vínculo entre la estrategia y los proyectos de mejora para aumentar flujo de trabajo, disminuir desperdicios, disminuir la variabilidad de los procesos, aumentando la calidad en los productos o servicios y monitoreando los indicadores de desempeño para la toma de decisiones.

El modelo propuesto consta de cuatro fases las cuales se muestran a continuación **Figura 34**:



**FIGURA 34. ETAPAS DEL MODELO LEAN SIX SIGMA ESTRATEGICO**

El modelo comprende la elaboración del Mapa Estratégico como punto de partida. Con este se establece y difunde la estrategia de la empresa. Una vez establecidos los temas estratégicos estos son ejecutados aplicando la filosofía Lean Six Sigma es decir mejorando el flujo del proceso, disminuyendo los desperdicios (actividades que no generan valor) estandarizando las actividades y disminuyendo la variabilidad de los procesos. Todo esto desarrollado bajo las mejores prácticas en cuanto a gestión de proyectos.

El modelo, en esencia se basa en el uso de un enfoque tanto estratégico como científico (toma de decisiones basado en evidencia). Buscando mejorar tanto organizacional como operacionalmente, de manera iterativa, como se describe en la **Figura 35**.

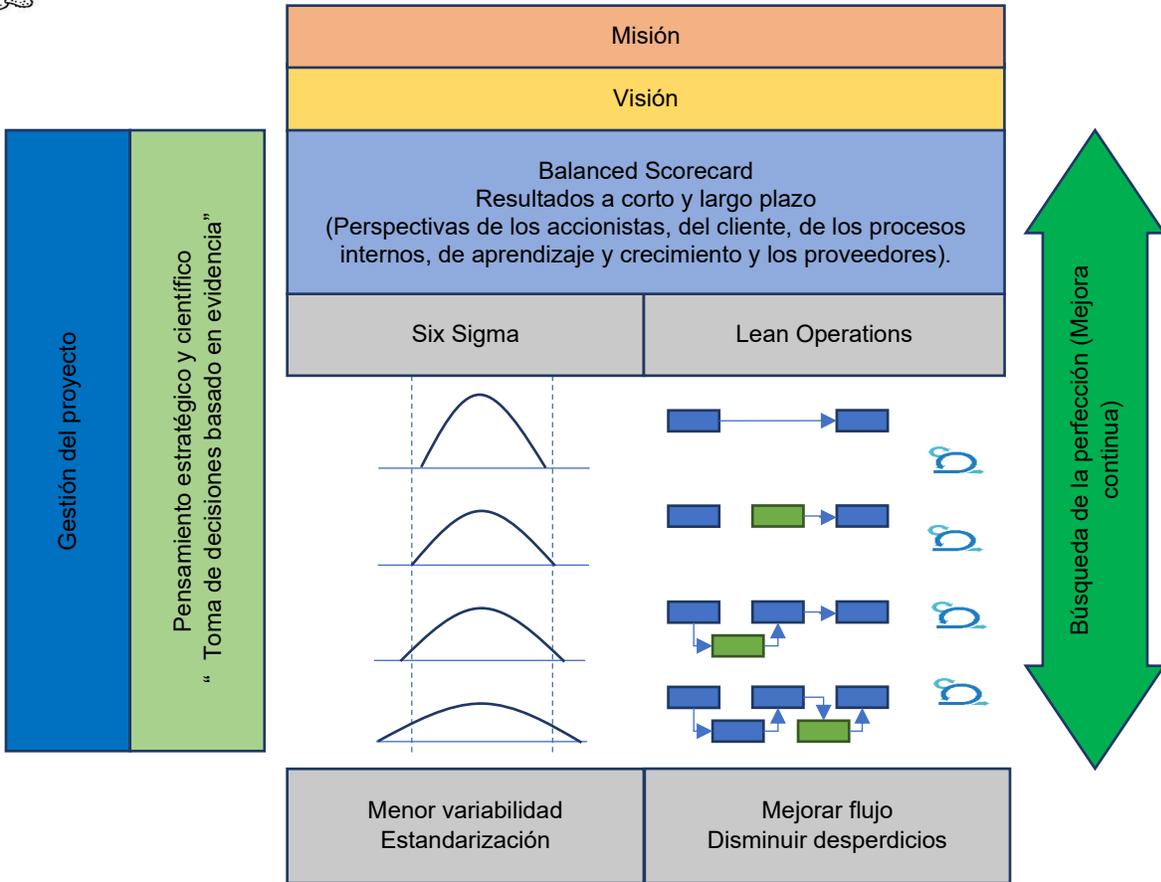


FIGURA 35. ESTRUCTURA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LSS EN UNA ORGANIZACIÓN.

#### 4.2.1 Definición de los temas estratégicos.

Lean Six Sigma es una filosofía de mejora empresarial que se centra en la excelencia operativa, así como implica cambios culturales en las organizaciones (Arnheiter y Maleyeff, 2005), maximiza el valor de los accionistas (Laureani *et al.*, 2010) mejora la satisfacción del cliente (Snee, 2010), mejora la capacidad de la organización (Antony *et al.* 2017) ayuda a la innovación (Johnstone *et al.* 2011) y actúa como una herramienta eficaz de desarrollo de liderazgo (Gibbons y Burgess, 2010).

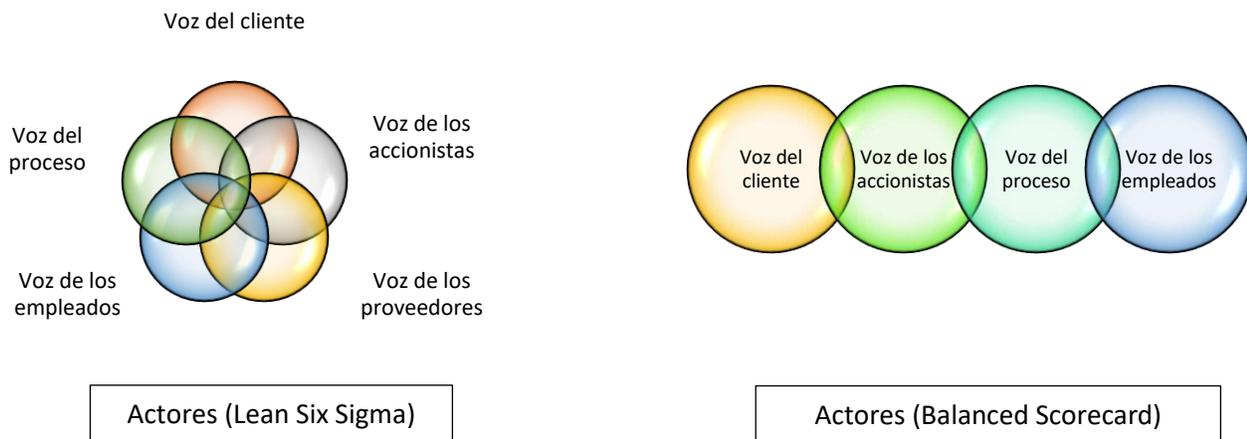
Es bajo este enfoque que se puede obtener el éxito empresarial detonando un sin número de actividades productivas que favorecen el crecimiento y bienestar.

Lean Six Sigma debe comenzar y terminar con el cliente, la filosofía se centra en la creación del valor y por tanto está vinculada un profundo conocimiento y determinación de las necesidades del cliente, requisitos y especificaciones

(Arcidiacono *et al.* 2016). Es a través de la satisfacción del cliente que los objetivos financieros de la empresa pueden cumplirse exitosamente.

La implementación eficaz de Lean Six Sigma en una organización se ve favorecida cuando se incorpora a la estrategia. Por lo que conocer e interactuar con las todas las participantes de la actividad comercial es fundamental para el planteamiento de una estrategia que genere una ventaja competitiva sostenida.

Para Lean Six Sigma los actores más importantes son: los clientes, los accionistas, los empleados, los procesos y los proveedores. El Balanced Scorecard es una herramienta muy utilizada, que reúne estos actores, los escucha y los incorpora dentro de sus metas estratégica (**Figura 36**).



**FIGURA 36. EQUILIBRIO ENTRE LEAN SIX SIGMA Y EL BALANCED SCORECARD.**

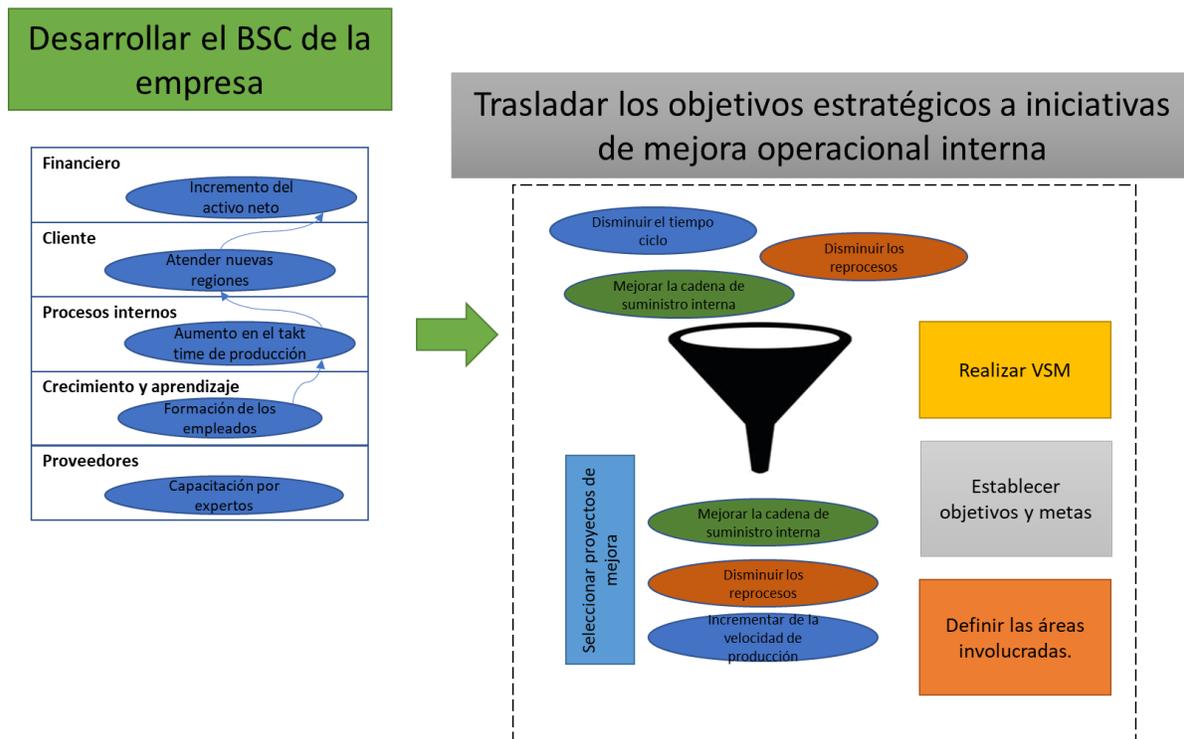
Todo proyecto de mejora debe proceder de un tema estratégico y cada tema estratégico debe desencadenar en una iniciativa de mejora, de esta forma se logra el involucramiento de la alta dirección a los proyectos y se destinan los recursos necesarios.

#### 4.2.2 Traslado de la estrategia a la operación interna.

Es con la ayuda de los mapas estratégicos que puede entender y comunicar la estrategia, este instrumento también ayuda para la selección de proyectos de mejora Lean Six Sigma.

Todo proyecto de mejora tendría que emanar de un tema estratégico y no tendría que existir ningún proyecto de mejora sino está comprendido dentro mapa estratégico de la empresa. De esta manera los recursos, limitados por las PyMEs, son utilizados eficientemente. Además, su desarrollo es revisado y evaluado por la alta dirección.

El Balanced Scorecard permite seleccionar los proyectos Lean Six Sigma desde un punto de vista estratégico, por lo que es necesario determinar los procesos estratégicos principales estableciendo objetivos, metas y alcance de los proyectos como se describe en la **Figura 37**.



**FIGURA 37. TRASLADAR LOS OBJETIVOS ESTRATÉGICOS A INICIATIVAS DE MEJORA OPERACIONAL INTERNA.**



### 4.2.3 Desarrollando las iniciativas de mejora

Lean Six Sigma es una filosofía de calidad muy rica en herramientas y que se puede adecuar a cada empresa no distinguiendo el tamaño, avance tecnológico o posición financiera. El pensamiento el Lean Six Sigma no tiene que ver con el “desmolde de los procesos” y “el hacer” sino con hacer lo correcto de la manera correcta, de modo que realmente agregue valor al cliente.

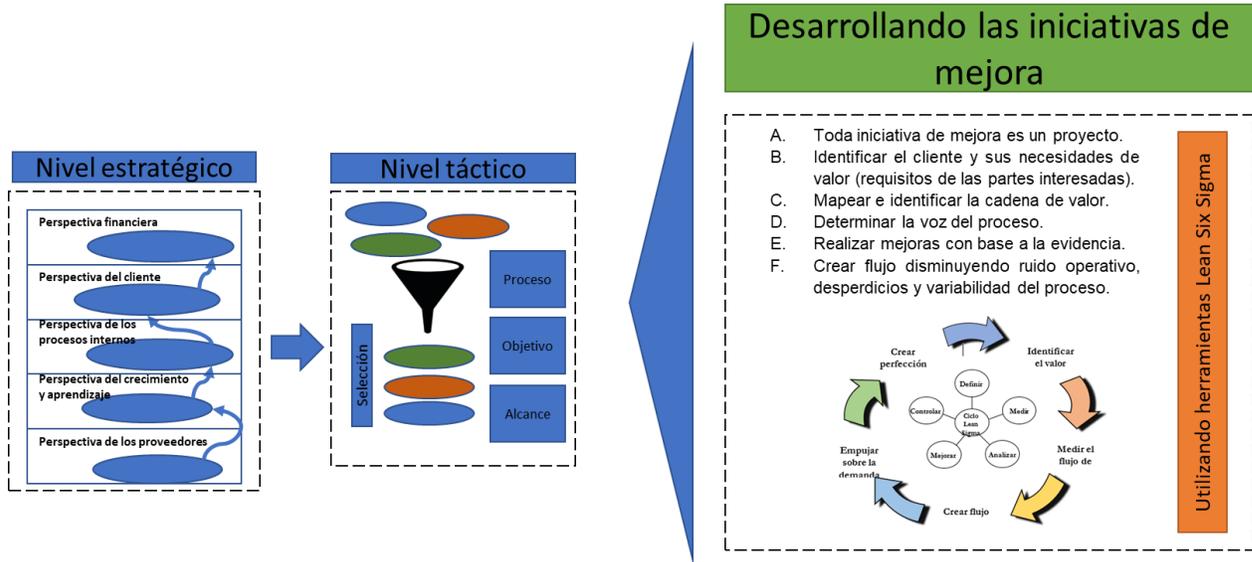
Lean Six Sigma invita a reflexionar sobre la unidad mínima estructuralmente funcional de cualquier empresa “el proceso” para que cumpla con la promesa de valor ofrecida al cliente.

Lean Six Sigma está basado en datos, pero siempre es complementario a la experiencia y a las ideas de las personas, por lo que el entrenamiento efectivo de las personas que lo implementen producirá profesionales que son maestros y no esclavos de herramientas estadísticas y paquetes de software. Otro elemento importante es la capacidad de liderazgo de los gestores de proyecto por lo que deben ser incluidos dentro del entrenamiento (Goh, 2010).

El despliegue exitoso de cualquier programa de mejora continua depende de gran medida del más estratégico activo de cada empresa: las personas. El compromiso de los empleados es probablemente el factor de éxito más crítico de los programas de los programas Lean Six Sigma (Arcidiacono *et al.* 2016).

El trabajo en equipo es esencial y esto implica una fuerte vinculación con la administración del recurso humano que promueva la filosofía de mejora continua a través de la evaluación del desempeño y un sistema de recompensa para de este modo introducir nuevos comportamientos (Duarte et al., 2012).

Los proyectos Lean Six Sigma se desarrollan utilizando la metodología Definir-Medir-Analizar-Implementar-Controlar (DMAIC) que es una forma detallada del ciclo de Deming (planear-hacer-verificar-actuar).



**FIGURA 38. DESARROLLANDO LAS INICIATIVAS DE MEJORA.**

Siguiendo los siguientes principios:

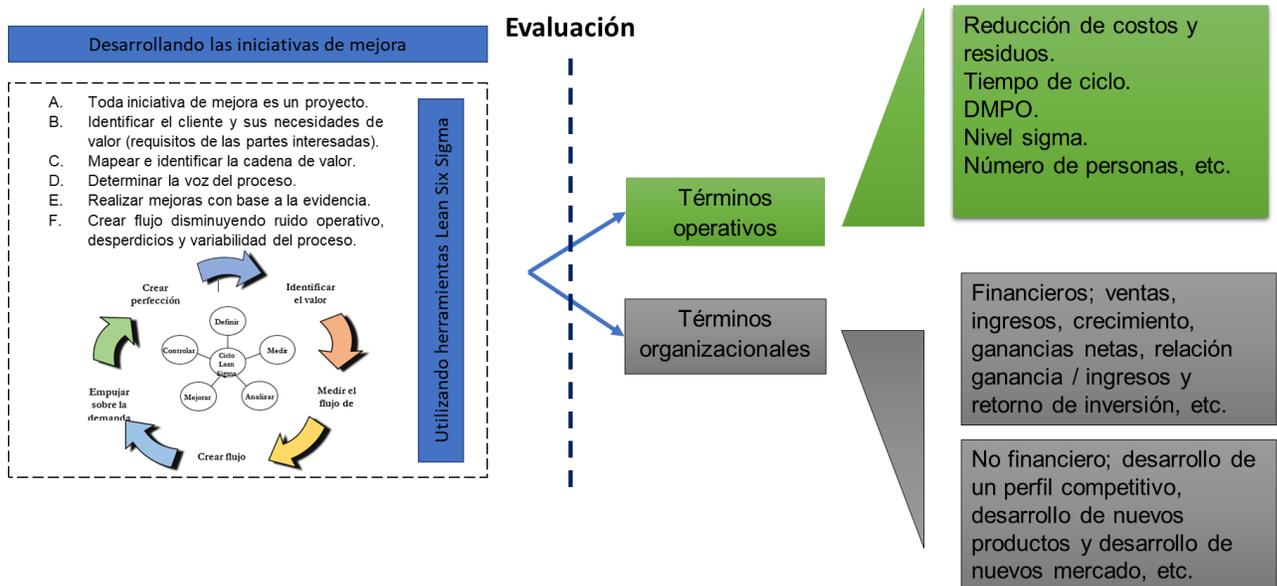
- Toda iniciativa de mejora debe gestionarse como proyecto: siguiendo las mejores prácticas de la dirección de proyectos por ejemplo utilizando las guías PMBOK, SCRUM, PRINCE, etc.
- Identificar el cliente y sus necesidades de valor: todo proceso inicia y termina con el cliente, no solo el cliente final también los clientes intermedios, determinar sus necesidades de valor apoya a mejorar los procesos productivos.
- Identificar y medir la cadena de valor: identificar el proceso general para las actividades de la producción del producto o servicio (cadena de valor), medir sus procesos (voz del proceso) y desarrollar metas para los procesos.
- Realizar mejoras con base a la evidencia: las mejoras deben ser reales y alcanzables de acuerdo con el presente de la empresa. Apoyándose de los resultados obtenidos durante la medición de la cadena de valor y los rendimientos obtenidos.
- Crear flujo disminuyendo ruido operativo, desperdicios y variabilidad del proceso.

#### 4.2.4 Evaluación en términos operativos y organizacionales.

Las organizaciones Lean Six Sigma tienen el poder de fomentar un clima de continuo cambio organizacional al alinear la visión de la organización con el modelo de excelencia. Cuando la alta dirección decide cambiar la cultura organizacional, debe tener en cuenta que la buena comunicación y un liderazgo basado en la motivación del empleado, las cuales contribuyen esencialmente en el desarrollo de proyectos de mejora continua (Pamfilie *et al.*, 2012).

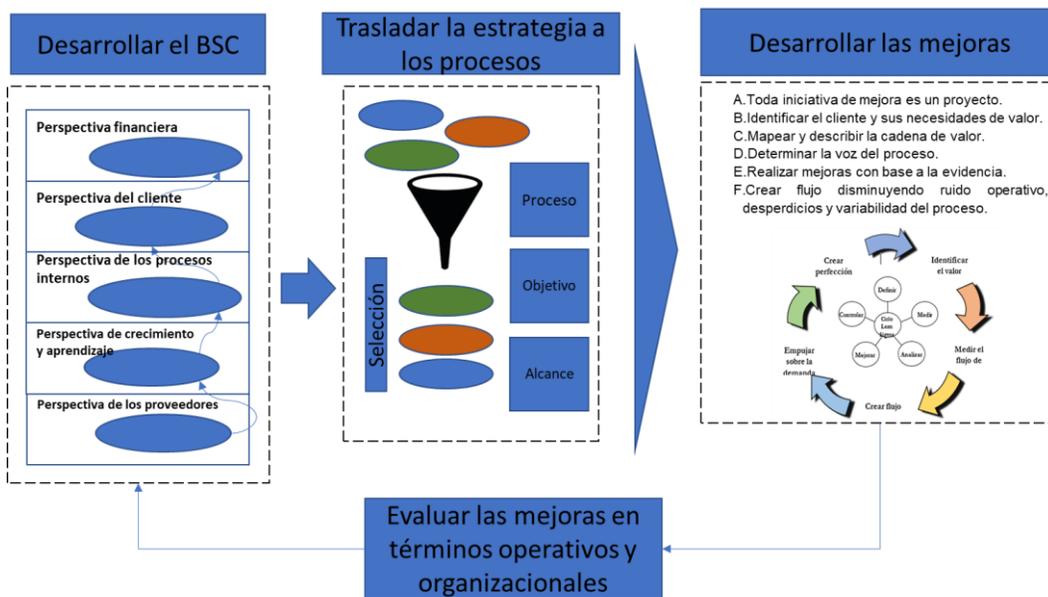
La implementación de Lean Six Sigma a largo de toda la organización debe considerarse como una cultura innovadora y de gestión estratégica con excelente comunicación y un enfoque de largo plazo, trabajo en equipo, sentido de propiedad y confianza (Duarte *et al.*, 2012).

La evaluación del desarrollo de las iniciativas debe realizarse tanto en términos del desempeño operativo (reducción de costos y residuos, mejorando la calidad de los productos, mejorando la flexibilidad, mejorando el rendimiento de entrega y la mejora de la productividad) como organizacionales (financieros; ingresos, crecimiento, ganancias netas, relación ganancia / ingresos y retorno de activos, y no financiero; desarrollo de un perfil competitivo, desarrollo de nuevos productos y desarrollo de mercado). Como se muestra en la **Figura 39**.



**FIGURA 39. EVALUACIÓN DE LA MEJORAS**

El mapa de ruta establece el análisis organizacional de la empresa y su conformidad con los actores del negocio: clientes, accionistas, proceso, empleados y proveedores desarrollado en el Balanced Scorecard. A partir del cual se establecen los temas estratégicos y se crean iniciativas en el seno de los procesos internos lo que permite la selección de proyectos, al implementarse se desencadena una cascada de oportunidades de mejora que permiten a la empresa mantener una posición en el mercado. La evaluación en términos operativos y organizacionales permite detectar lecciones y oportunidades para el éxito de la empresa. El liderazgo es fundamental para desarrollar una cultura de excelencia que promueva la innovación, la investigación y el desarrollo de actividades que generen una ventaja competitiva sostenida **Figura 40**.



**FIGURA 40. MODELO DE IMPLEMENTACIÓN LSS<sup>E</sup>**



---

## **Conclusiones**

---

A través de la revisión sistemática de la literatura en el buscador scopus y análisis de estructuración del estudio de caso en los Laboratorios de Especialidades Inmunológicas, S.A de C.V. fue posible integrar las filosofías de calidad Lean Operations y Lean Six Sigma con el Balanced Scorecard en un modelo que gestione el desempeño y apoye en el desarrollo de las PyMEs en México, uniendo sus ventajas individuales con el objetivo de potencializar sus beneficios en los resultados tanto operativos como organizacionales.

El modelo permite a las empresas concentrar sus esfuerzos al mejoramiento de sus procesos principales incorporando la filosofía Lean Six Sigma al seno de la gestión estratégica traduciéndolo y expresándolo en términos de los principios fundamentales crear flujo, eliminar desperdicios, disminuir variabilidad, estandarizar actividades, con un enfoque científico y sobre todo buscando la satisfacción del cliente tanto interno como externo.

El modelo, aunque novedoso requiere la puesta en marcha en PyMEs para determinar su efectividad y éxito en términos tanto operativos como organizacionales. Sin embargo, constituye un marco de referencia y punto de partida para futuras investigaciones.



---

## Referencias bibliográficas

---

Andersson, R., Eriksson, H., & Torstensson, H. (2006). Similarities and differences between TQM, six sigma and lean. *The TQM Magazine*, 18(3), 282-296. <https://doi.org/10.1108/09544780610660004>

Antony, J., & Banuelas, R. (2002). Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program. *Measuring Business Excellence*, 6(4), 20-27. <https://doi.org/10.1108/13683040210451679>

Antony, J. (2017). Lean Six Sigma for higher education. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 66(5), 574-576. <https://doi.org/10.1108/ijppm-03-2017-0063>

Arcidiacono, G., Costantino, N., & Yang, K. (2016). The AMSE Lean Six Sigma governance model. *International Journal of Lean Six Sigma*, 7(3), 233-266. <https://doi.org/10.1108/ijlss-06-2015-0026>

Arnheiter, E., & Maleyeff, J. (2005). The integration of lean management and Six Sigma. *The TQM Magazine*, 17(1), 5-18. <https://doi.org/10.1108/09544780510573020>

Banuelas Coronado, R., & Antony, J. (2002). Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organizations. *The TQM Magazine*, 14(2), 92-99. <https://doi.org/10.1108/09544780210416702>

Bisbe J. (2012) La mayoría de edad del cuadro de mando integral. *Harvard Deusto Business Review*.88(1):49-62. ISSN 0210-900X.

Black, K., & Revere, L. (2006). Six Sigma arises from the ashes of TQM with a twist. *International Journal of Health Care Quality Assurance*, 19(3), 259-266. <https://doi.org/10.1108/09526860610661473>

Briceño, J., Cañizales, B., Rivas, Y., Lobo, H., Moreno, E., Velásquez, I., & Ruzza, I. (2010). La holística y su articulación con la generación de teorías. *Educere*, 14(48),73-83. ISSN: 1316-4910. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=356/35616720008>

Campos. G. & Lule N. 2012. La observación, un método para el estudio de la realidad. *Revista Xihmai VII* (13), 45-60.

Čiarnienė, R., & Vienažindienė, M. (2012). Lean manufacturing: theory and practice. *Economics and management*, 17(2). <https://doi.org/10.5755/j01.em.17.2.2205>

Dahlgaard, J., & Mi Dahlgaard-Park, S. (2006). Lean production, six sigma quality, TQM and company culture. *The TQM Magazine*, 18(3), 263-281. <https://doi.org/10.1108/09544780610659998>



Delli Fraine, J., Langabeer, J., & Nembhard, I. (2010). Assessing the Evidence of Six Sigma and Lean in the Health Care Industry. *Quality Management In HealthCare*, 19(3), 211-225.

Dora, M., & Gellynck, X. (2015). Lean Six Sigma Implementation in a Food Processing SME: A Case Study. *Quality and Reliability Engineering International*, 31(7), 1151-1159. <https://doi.org/10.1002/qre.1852>

Duarte, B., Montgomery, D., Fowler, J., & Konopka, J. (2012). Deploying LSS in a global enterprise – project identification. *International Journal of Lean Six Sigma*, 3(3), 187-205. <https://doi.org/10.1108/20401461211282709>

Emiliani, M. (2003). Linking leaders' beliefs to their behaviors and competencies. *Management Decision*, 41(9), 893-910. <https://doi.org/10.1108/00251740310497430>

Felizzola Jiménez, H., & Luna Amaya, C. (2014). Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico. *Ingeniare. Revista Chilena De Ingeniería*, 22(2), 263-277. <https://doi.org/10.4067/s0718-33052014000200012>

Furterer, S. (2009). *Lean Six sigma in service*. Boca Raton, FL: Taylor/Francis Group.

Gibbons, P., & Burgess, S. (2010). Introducing OEE as a measure of lean Six Sigma capability. *International Journal of Lean Six Sigma*, 1(2), 134-156. <https://doi.org/10.1108/20401461011049511>

Goh, T. (2010). Six Triumphs and Six Tragedies of Six Sigma. *Quality Engineering*, 22(4), 299-305. <https://doi.org/10.1080/08982112.2010.495102>

Henderson, K., & Evans, J. (2000). Successful implementation of Six Sigma: benchmarking General Electric Company. *Benchmarking: An International Journal*, 7(4), 260-282. <https://doi.org/10.1108/14635770010378909>

Holweg, M. (2006). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(2), 420-437. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.04.001>

ISO 13053-1:2011, los métodos cuantitativos en la mejora de procesos Parte 1: Método DMAIC.

ISO 13053-2:2011, los métodos cuantitativos en la mejora de procesos - Six Sigma - Parte 2: Herramientas y técnicas.

Janes, A. (2014). Empirical verification of the balanced scorecard. *Industrial Management & Data Systems*, 114(2), 203-219. <https://doi.org/10.1108/imds-04-2013-0195>

Jayaraman, K., Leam Kee, T., & Lin Soh, K. (2012). The perceptions and perspectives of Lean Six Sigma (LSS) practitioners. *The TQM Journal*, 24(5), 433-446. <https://doi.org/10.1108/17542731211261584>



Johnstone, C., Pairaudeau, G., & Pettersson, J. (2011). Creativity, innovation and lean sigma: a controversial combination? *Drug Discovery Today*, 16(1-2), 50-57. <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2010.11.005>

Kaplan, R. S. & Norton D. P. (1992) The Balanced Scorecard: Measures that Drive Performance, *Harvard Business Review*, (January-February): 71-79.

Kaplan, R.S. (2010) Conceptual Foundations of the Balanced Scorecard. Harvard Business School. Draft

Kaplan, R., & Norton, D. (2008). The execution premium. Harvard Business School Press.

Kumar Sharma, R., & Gopal Sharma, R. (2013). Integrating Six Sigma Culture and TPM Framework to Improve Manufacturing Performance in SMEs. *Quality and Reliability Engineering International*, 30(5), 745-765. <https://doi.org/10.1002/qre.1525>

Kumar, M., Antony, J., Singh, R., Tiwari, M., & Perry, D. (2006). Implementing the Lean Sigma framework in an Indian SME: a case study. *Production Planning & Control*, 17(4), 407-423. <https://doi.org/10.1080/09537280500483350>

Kwak, Y., & Anbari, F. (2006). Benefits, obstacles, and future of six sigma approach. *Technovation*, 26(5-6), 708-715. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2004.10.003>

Lande, M., Shrivastava, R., & Seth, D. (2016). Critical success factors for Lean Six Sigma in SMEs (small and medium enterprises). *The TQM Journal*, 28(4), 613-635. <https://doi.org/10.1108/tqm-12-2014-0107>

Laureani, A., Antony, J., & Douglas, A. (2010). Lean six sigma in a call centre: a case study. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 59(8), 757-768. <https://doi.org/10.1108/17410401011089454>

McAdam, R., Antony, J., Kumar, M., & Hazlett, S. (2014). Absorbing new knowledge in small and medium-sized enterprises: A multiple case analysis of Six Sigma. *International Small Business Journal: Researching Entrepreneurship*, 32(1), 81-109. <https://doi.org/10.1177/0266242611406945>

Miller, d. & Le-Breton (2005). *Managing for the Long Run: Lessons in Competitive Advantage from Great Family Businesses* Cambridge: Mass. Harvard Business School Press.

Molina, V., Armenteros, M., Elizondo, M., Barquero, J., & Arellano, J., (2011). Reflexión sobre la supervivencia de las PyME en el estado de Coahuila, México. *Revista internacional administración y finanzas*, (4)1, 47-66.

Navarrete, E., & Sansores, E., (2011). El fracaso de la micro, pequeñas y medianas empresas en Quintana Roo, México: un análisis multi variante. *Revista internacional de administración y finanzas*, (4)3, 21-33.



Nunes, I. (2015). Integration of Ergonomics and Lean Six Sigma. A Model Proposal. *Procedia Manufacturing*, 3, 890-897. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.124>

Pamfilie, R., A., & Draghici, M. (2012). The Importance of Leadership in Driving a Strategic Lean Six Sigma Management. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 58, 187-196. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.992>

Peimbert-García, R., Matis, T., Beltran-Godoy, J., Garay-Rondero, C., Vicencio-Ortiz, J., & López-Soto, D. (2019). Assessing the state of lean and six sigma practices in healthcare in Mexico. *Leadership In Health Services*, 32(4), 644-662. doi: 10.1108/lhs-02-2019-0011

Pepper, M., & Spedding, T. (2010). The evolution of Lean Six Sigma. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 27(2), 138-155. <https://doi.org/10.1108/02656711011014276>

Pyzdek, T. (2004). Strategy deployment using balanced scorecards. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 1(1), 21. <https://doi.org/10.1504/ijssca.2004.005275>

Reyes Aguilar, P., (2002). Manufactura Delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones. *Contaduría y Administración*, (205),51-69. [Fecha de consulta: 5 de julio de 2019] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=39520506>> ISSN 0186-1042

Romero, L. (2006). Competitividad y productividad en empresas familiares pymes. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, [en línea] (57), pp.131-141. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=20605708>.

Seleem, S., Attia, E., & El-Assal, A. (2016). Managing performance improvement initiatives using DEMATEL method with application case study. *Production Planning & Control*, 1-13. <https://doi.org/10.1080/09537287.2016.1165301>

Snee, R. (2010). Lean Six Sigma – getting better all the time. *International Journal of Lean Six Sigma*, 1(1), 9-29. <https://doi.org/10.1108/20401461011033130>

Taghizadegan, S., (2006). *Essentials of Lean Six Sigma*.

Thomas, A., & Barton, R. (2011). Using the Quick Scan Audit Methodology (QSAM) as a precursor towards successful Lean Six Sigma implementation. *International Journal of Lean Six Sigma*, 2(1), 41-54. <https://doi.org/10.1108/20401461111119440>

Thomas, A., Barton, R., & Chuke-Okafor, C. (2008). Applying lean six sigma in a small engineering company – a model for change. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 20(1), 113-129. <https://doi.org/10.1108/17410380910925433>

Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. *British Journal of Management*, 14(3), 207-222. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375>



Valmohammadi, C., & Ahmadi, M. (2015). The impact of knowledge management practices on organizational performance. *Journal of Enterprise Information Management*, 28(1), 131-159. <https://doi.org/10.1108/jeim-09-2013-0066>

Villa, D. (2010). Automation, Lean, Six Sigma: Synergies for Improving Laboratory Efficiency. *Journal of Medical Biochemistry*, 29(4), 339-348. <https://doi.org/10.2478/v10011-010-0038-3>

Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1990). *The Machine that changed the world* (1st ed.). Simon & Schuster.

Womack, J., & Jones, D. (1996). *Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. New York, NY: Simon & Schuster.



## Apéndice A. Demografía de los Negocios en México (INEGI)

Tabla de supervivencia, mortalidad y esperanza de vida de los negocios a nivel nacional, obtenida a través de seis censos económicos de 1989 al 2014

Edad	S'(x)	p(x)	q(x)	d(x)	E(x)
0	100 000	0.6672	0.3328	33 282	7.8
1	66 718	0.4794	0.5206	18 774	8.2
2	47 944	0.4209	0.5791	5 855	8.6
3	42 089	0.3793	0.6207	4 154	9.0
4	37 935	0.3471	0.6529	3 222	9.4
5	34 712	0.3208	0.6792	2 633	9.9
6	32 080	0.2985	0.7015	2 226	10.4
7	29 854	0.2793	0.7207	1 928	10.9
8	27 925	0.2622	0.7378	1 701	11.4
9	26 224	0.2470	0.7530	1 521	11.9
10	24 703	0.2333	0.7667	1 376	12.5
11	23 327	0.2207	0.7793	1 256	13.1
12	22 070	0.2091	0.7909	1 156	13.7
13	20 914	0.1984	0.8016	1 070	14.3
14	19 844	0.1885	0.8115	996	15.0
15	18 848	0.1792	0.8208	932	15.7
16	17 916	0.1704	0.8296	875	16.5
17	17 041	0.1622	0.8378	825	17.2
18	16 215	0.1543	0.8457	781	18.1
19	15 434	0.1469	0.8531	741	18.9
20	14 694	0.1399	0.8601	705	19.8
21	13 989	0.1332	0.8668	672	20.7
22	13 317	0.1268	0.8732	642	21.7
23	12 676	0.1206	0.8794	615	22.7
24	12 061	0.1147	0.8853	589	23.8
25	11 472	0.1091	0.8909	566	24.9
26	10 905	0.1091	0.8909	0	26.0
27	10 905	0.1091	0.8909	0	26.0
28	10 905	0.1091	0.8909	0	26.0
29	10 905	0.1091	0.8909	0	26.0
30	10 905	0.1091	0.8909	0	26.0
31	10 905	0.1091	0.8909	0	26.0
32	10 905	0.1091	0.8909	0	26.0
33	10 905	0.1091	0.8909	0	26.0
34	10 905	0.1091	0.8909	0	26.0
35	10 905	0.1091	0.8909	0	26.0

Fuente: INEGI, Censos Económicos 1989, 1994, 1999, 2004, 2009 y 2014.

Sobrevivientes a la edad  $x = S'(x)$

Probabilidad de supervivencia a la edad  $x = p(x)$

Probabilidad de muerte antes de cumplir la edad  $x = q(x)$

Número de muertos antes de cumplir la edad  $x = d(x)$

Esperanza de vida a partir de la edad (años de vida)  $x = E(x)$



## Apéndice B. Grupos de procesos y áreas del conocimiento para la dirección de proyectos

Áreas del conocimiento	Grupo de procesos en la dirección de proyectos.				
	Grupo de procesos de inicio	Grupo de procesos de planificación	Grupo de procesos de ejecución	Grupo de procesos de monitoreo y control	Grupo de procesos de cierre
4. Gestión de la integración del proyecto	4.1 Desarrollar el acta de constitución del proyecto	4.2 Desarrollar el plan para la dirección del proyecto.	4.3 Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto 4.4 Gestionar el conocimiento del proyecto	4.5 Monitorear y controlar el trabajo del proyecto. 4.6 Realizar el control integrado de cambios	4.7 Cerrar el proyecto o fase
5. Gestión del alcance del proyecto		5.1 Planificar la gestión del alcance. 5.2 Recopilar los requisitos. 5.3 Definir el alcance 5.4 Crear la estructura de desglose de trabajo EDT/WBS		5.5 Validar el alcance 5.6 Controlar el alcance	
6. Gestión del cronograma del proyecto		6.1 Planificar la gestión del cronograma 6.2 Definir las actividades 6.3 Secuenciar las actividades 6.4 Estimar la duración de las actividades 6.5 Desarrollar el cronograma		6.6 Controlar el cronograma	
7. Gestión de los costos del proyecto		7.1 Planificar la gestión de los costos 7.2 Estimar los costos 7.3 Determinar el presupuesto		7.4 Controlar los costos	
8. Gestión de la calidad del proyecto		8.1 Planificar la gestión de la calidad	8.2 Gestionar la calidad	8.3 Control de la calidad	
9. Gestión de los recursos del proyecto		9.1 Planificar la gestión de los recursos 9.2 Estimar los recursos de las actividades	9.3 Adquirir recursos 9.4 Desarrollar al equipo 9.5 Dirigir al equipo	9.6 Controlar los recursos	
10. Gestión de las comunicaciones del proyecto		10.1 Planificar la gestión de las comunicaciones	10.2 Gestionar las comunicaciones	10.3 Monitorear las comunicaciones	
11. Gestión de los riesgos del proyecto		11.1 Planificar la gestión de los riesgos 11.2 Identificar los riesgos 11.3 Realizar el análisis cualitativo de riesgos 11.4 Realizar el análisis cuantitativo de riesgos. 11.5 Planificar la respuesta de los riesgos	11.6 Implementar la respuesta a los riesgos	11.7 Monitorear los riesgos	
12. Gestión de las adquisiciones del proyecto		12.1 Planificar la gestión de las adquisiciones	12.2 Efectuar las adquisiciones	12.3 Controlar las adquisiciones	
13. Gestión de los interesados del proyecto		13.1 Planificar el involucramiento de los interesados	13.2 Gestionar la participación de los interesados	13.3 Monitorear el involucramiento de los interesados	

**Fuente PMBOK Sexta Edición.**



## Anexo 1. Descripción de las etapas del mapa de procesos general de los LEI

Proceso	Etapas	Descripción
<b>Estratégico</b>	Establecer la estrategia organizacional	Se encarga de desarrollar, alinear, implementar, verificar y mejorar la estrategia para el cumplimiento de la visión, dirigiendo los cambios con liderazgo.
	Desarrollar iniciativas (Balanced Scorecard)	Desarrollo de los indicadores e iniciativas estratégicas.
	Evaluación de desempeño	Consolida el proceso de toma de decisiones a través del análisis del desempeño y las necesidades de las partes interesadas.
<b>Operativo</b>	Pre-analítico	Inicia en orden cronológico, desde la solicitud de análisis, recepción y transporte de muestras finalizando cuando comienza el proceso analítico.
	Analítico	Se refiere al análisis realizado a las muestras de estudio finalizando con el reporte de resultados.
	Post-analítico	Es lo posterior a los análisis incluyendo la revisión de los resultados y edición de informe.
<b>Soporte</b>	Gestión de insumos	Se refiere a la solicitud, almacenamiento, distribución y entrega de elementos (equipo, reactivos, animales, etc.). necesario que dan entrada a la fase analítica.
	Información documentada	Encargado de dirigir, coordinar, administrar, y controlar lo relacionado a los requisitos normativos. Así como de generar, resguardar, proteger, consultar y dar soporte de la información derivada de los procesos.
	Equipamiento e infraestructura	Proporcionar servicio para la adquisición, recepción, calificación, control, mantenimiento y calibración de equipos de medición. Así como encargado del diseño, construcción, mantenimiento y mejora destinado a equipos primarios, servicios auxiliares e inmuebles.
	Bienestar laboral	Consiste en planear, organizar, desarrollar, promover y evaluar al capital humano de la organización, enfocado a la Gestión del Conocimiento. Así mismo se encarga de resolver, mitigar y/o prevenir los impactos ambientales tanto antrópicos como naturales, garantizando la competitividad y obedeciendo al principio de sustentabilidad.