



UNIVERSIDAD ANTROPOLÓGICA  
DE GUADALAJARA

**El impacto de Lean Six Sigma en organizaciones  
latinoamericanas y sus factores críticos de éxito.**

TESIS

Que para obtener el grado de Doctor en Alta Dirección con reconocimiento de validez oficial de estudios por la Secretaría de Educación Pública, según acuerdo de autorización 20121877 con fecha 24 de septiembre 2012.

Presenta:

**Humberto Pérez Ortiz**

**Director de Tesis: Dr. Juan Rodríguez Anaya**

Guadalajara, Jal., Julio 11 de 2016

*La calidad como un problema de variación,  
el cual puede ser controlado y prevenido  
mediante la eliminación a tiempo  
de las causas que lo provocan.*

Walter Shewhart

# ÍNDICE

<b>DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>1</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>2</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>2</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>CAPITULO 1 PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>6</b>
1.1 Objetivos de la Investigación.....	8
1.2 Preguntas de la Investigación.....	9
<b>CAPITULO 2 MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>10</b>
2.1 Marco conceptual.....	10
2.1.1 Manufactura Esbelta.....	10
2.1.2 Seis Sigma.....	36
2.1.3 Niveles de especialización en Seis Sigma.....	65
2.2 Estado del Arte.....	74
<b>CAPITULO 3 MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>88</b>
3.1 Metodología de la Investigación.....	88
3.2 Descripción de la población y muestra investigada.....	89
3.3 Recolección de la información.....	90
3.3.1 Formato de las entrevistas.....	93
3.3.2 El proceso de las entrevistas.....	94
3.4 Análisis de la información.....	95

<b>CAPITULO 4 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN</b> .....	<b>98</b>
4.1 Análisis de entrevistas Estructuradas.....	98
4.1.1 Entrevista 1 “Encuesta General Lean Seis Sigma”.....	98
4.1.2 Entrevista 2 “Nivel de uso y dominio de herramientas”.....	109
4.1.3 Entrevista 3 “Nivel de Madurez Lean Seis” Sigma.....	113
4.2 Narración y Análisis de entrevistas Semiestructuradas.....	127
4.2.1 Entrevista 1: A.....	127
4.2.2 Entrevista 2: B.....	131
4.2.3 Entrevista 3: C.....	134
4.2.4 Entrevista 4: D.....	137
<b>CAPITULO 5 RESULTADOS</b> .....	<b>140</b>
5.1 Resultados de la pregunta general.....	140
5.2 Resultados de preguntas particulares.....	144
5.2.1 Pregunta particular 1.....	144
5.2.2 Pregunta particular 2.....	146
5.2.3 Pregunta particular 3.....	147
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>152</b>
<b>PROPUESTAS</b> .....	<b>158</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>173</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>175</b>

## DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

Esta tesis está dedicada a todas aquellas personas o instituciones que gracias a su apoyo, consejo, asesoría, tiempo, paciencia, y sobre todo fe, permitieron no solo la realización de esta investigación, sino la culminación de mis estudios doctorales.

A mi esposa Susy por su incondicional apoyo pese a las difíciles situaciones de salud por las que pasó en el periodo en que se realizó este trabajo, siempre fue el motor que me impulsó a ir adelante.

A mis hijos Miguel y Carolina por su paciencia y sacrificio en tiempo de atención a ellos por la realización de este trabajo

A mis padres Virginia y Humberto por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

A mi director de tesis Juan Rodríguez Anaya por su consejo experto, asesoría constante y sobre todo su aliento a la culminación del presente trabajo.

A la Universidad Antropológica de Guadalajara por todas las facilidades otorgadas para la realización de mis estudios y mi investigación.

A mi colega y amigo Edwin Garro de Costa Rica, quien fue pieza clave en la realización de la investigación proporcionándome los contactos de empresas centroamericanas.

A los participantes de la investigación por su interés, disposición y apertura para participar en este estudio

A mis compañeros del doctorado quienes me brindaron su amistad, profesionalismo y apoyo durante mis estudios.

## RESUMEN

*A lo largo de la historia empresas como Motorola, General Electric, y Toyota, han demostrado que la aplicación de modelos de calidad de clase mundial como Lean Seis Sigma han sido generadores e impulsores de productividad y competitividad en sus operaciones. Sin embargo son pocas las organizaciones en México y Centroamérica que han adoptado este tipo de modelos de calidad, ya sea por desconocimiento, falta de confianza o escepticismo sobre el impacto en la eficacia y eficiencia que éstos podrían generar en sus operaciones. Esta investigación se enfoca en la identificación y estudio de organizaciones en México y Centroamérica que han adoptado exitosamente la metodología Lean Seis Sigma, para analizar sus principales beneficios, la forma en que la implementaron, y sus factores críticos de éxito.*

PALABRAS CLAVE: Seis Sigma, Lean, Beneficios, Factores Críticos de Éxito

## ABSTRACT

*Throughout history companies such as Motorola, General Electric and Toyota, have demonstrated that the application of models of world-class quality like Lean Six Sigma are generators of productivity and competitiveness in its operations. However few organizations in Mexico and Central America have adopted such quality models, may be for ignorance, distrust or skepticism about the impact on the effectiveness and efficiency that they could generate in their operations. This research focuses on the identification and study of organizations in Mexico and Central America that have successfully adopted the Lean Six Sigma, to analyze its main benefits, the way they were implemented, and its critical success factors.*

Key Words: Six Sigma, Lean, Benefits, Critical Success Factors.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación busca analizar desde la perspectiva de la alta dirección, el impacto en resultados de negocio de la aplicación de la metodología de mejora denominada “Lean Six Sigma” en organizaciones de México y Centroamérica, y sus factores críticos de éxito.

Debido a que estas metodologías tienen sus orígenes en Estados Unidos y Japón, y a que los creadores del paradigma no fueron precisamente quienes documentaron los marcos conceptuales sino distintos autores a lo largo del tiempo, no es posible hablar de una sola definición de Lean y Six Sigma. Como parte de esta investigación se estudiarán distintas definiciones dadas por los autores más representativos y se contrastarán con los percibidos por las organizaciones estudiadas a fin de generar una definición unificada y contextualizada al mercado latinoamericano.

Se estudiarán como estado del arte los resultados publicados por organizaciones pioneras en el uso de esta metodología a nivel internacional como lo son General Electric, Motorola y Toyota, y se compararán con los resultados obtenidos en organizaciones latinoamericanas.

Por otro lado el éxito de esta metodología depende de una estricta y disciplinada aplicación del modelo de mejora propuesto por los creadores del paradigma, según publicaciones de empresas que han logrado grandes beneficios de su aplicación, por lo que se dedicará una línea de investigación específica a evaluar el nivel de madurez que tienen las organizaciones estudiadas respecto a lo descrito por la metodología Lean y Six Sigma.

Este trabajo se centra en la teoría administrativa bajo el enfoque clásico de la escuela de la administración científica de Taylor (1911) y de las corrientes de pensamiento de Calidad total de Demming (1986) y la teoría de la excelencia de Shigeru Kobayashi (1972), la cual concibe a la organización como un ente mejorable bajo el método científico teniendo como base la reproducibilidad, es

decir, la capacidad de repetir determinada tarea en cualquier lugar y por cualquier persona obteniendo los mismos resultados, y la refutabilidad, que significa, que toda propuesta deberá de estar debidamente probada bajo el método hipotético-deductivo.

Esta investigación se abordó desde el paradigma hermenéutico y heurístico siguiendo una metodología mixta tomando como observables a 9 organizaciones de distintos tamaños y giros, tanto en México como en Centroamérica. Se usó como técnica la entrevista estructurada y semi-estructurada con la cual se diseñó un instrumento que permitió medir el nivel de madurez de las organizaciones, así como los beneficios obtenidos y sus factores críticos de éxito.

Dentro del primer capítulo se encuentra descrito el planteamiento de la investigación, sus objetivos, líneas y preguntas de investigación.

El segundo capítulo está constituido por el marco teórico y se encuentra dividido en dos apartados, en el primero se hace un abordaje general de la filosofía “Lean” y posteriormente se detallan conceptual y metodológicamente cada una de las herramientas que la constituyen. En el segundo apartado se define la metodología “Six Sigma” explicando cada uno de sus pasos, y las herramientas y técnicas utilizadas en cada uno de ellos.

En el tercer capítulo se detalla la metodología para la elaboración de la investigación, en donde se presentan los instrumentos de medición y el procedimiento para su aplicación, así como la población y muestra analizada, y la metodología de análisis.

En el cuarto capítulo se realizó un exhaustivo análisis de los resultados explicados a partir de tres líneas de investigación, el impacto en los resultados del negocio, los factores críticos de éxito, y el nivel de madurez de con respecto a la metodología. Cada línea es expuesta con sus respectivas categorías y subcategorías de análisis.

En el quinto capítulo se dan respuesta a las preguntas de investigación y se aborda una discusión en la cual se contrastan las aportaciones hechas por la presente investigación, con lo expuesto por otros autores.

Finalmente se presentan las conclusiones de este estudio, incluyendo algunas propuestas tanto conceptuales como metodológicas.

## **CAPITULO 1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

La presente tesis describe el impacto que ha tenido la implementación y aplicación de la metodología Lean y Six Sigma en Latinoamérica en organizaciones de distintos giros y tamaños, así como el nivel de dominio en la metodología y herramientas, y el nivel de madurez respecto a su implementación.

### **Planteamiento del Problema**

Distintos estudios de caso tales como el de Motorola, General Electric, y Toyota por nombrar los más representativos, han demostrado que la aplicación de modelos de calidad de clase mundial como Lean Seis Sigma han sido generadores e impulsores de productividad y competitividad en sus operaciones.

Sin embargo son pocas las organizaciones en México y Centroamérica que han adoptado este tipo de modelos de calidad, ya sea por desconocimiento, falta de confianza o escepticismo sobre el impacto en la eficacia y eficiencia que éstos podrían generar en sus operaciones.

Por lo que la falta de documentación de estudios de casos exitosos sobre Lean Seis Sigma y su impacto en productividad y competitividad de organizaciones Mexicanas y Centroamericanas, así como de sus factores críticos de éxito para su efectiva implementación, podrían estar frenando la proliferación de este tipo de modelos de clase mundial y por ende restringir la competitividad de estas organizaciones.

A lo largo de mi carrera como docente he instruido y capacitado en estas metodologías tratando en la medida de lo posible de hacerlo de manera contextualizada a los distintos giros y tamaños organizacionales. Pero siempre ha existido la duda de cómo realmente aplican estos conocimientos a sus realidades organizacionales, así como a los obstáculos a los que se han enfrentado para implementarlos, y el impacto en competitividad que éstos han tenido.

Por otro lado en mi faceta como profesionalista y consultor, he tenido la oportunidad de aplicar exitosamente estas metodologías logrando grandes beneficios en las organizaciones y con un claro impacto en su competitividad, sin embargo para lograrlo me he dado cuenta de que no es el sólo hecho de seguir al pie de la letra la metodología propuestas por los creadores del paradigma, sino una combinación de éstas con otras disciplinas y tecnologías aplicadas al contexto de las distintas organizaciones.

Es por ello que esta investigación se centrará en identificar y estudiar organizaciones Mexicanas y Centroamericanas que gracias a la implementación de modelos de calidad como Lean Seis Sigma hayan logrado mejoras en la eficacia y eficiencia de sus operaciones, y poder así analizar los factores críticos de éxito desde la óptica de la alta dirección para la implementación de éstos modelos en las organizaciones de este tipo.

### **Justificación de la Investigación**

En la presente investigación se identifican cuatro principales entornos que se verían beneficiados con los resultados de este trabajo los cuales son:

- Entorno socioeconómico,
- Entorno empresarial,
- Entorno universitario,
- Entorno de profesionistas.

Primeramente el entorno socioeconómico, en específico de México y Centroamérica, se vería beneficiado al validarse como factor de competitividad en sus organizaciones la implementación efectiva de modelos de calidad de clase mundial específicamente Lean Seis Sigma. Ya que de ser así podrían generar programas de apoyos o incentivos para la implementación de estos modelos a fin de mejorar su competitividad tan necesaria en este entorno globalizado.

Posteriormente estaría el entorno empresarial u organizacional, cuyo principal beneficio sería la credibilidad en estos modelos de calidad y la identificación de los factores críticos para su correcta implementación. De igual forma, el propio instrumento de medición del nivel de madurez respecto a Lean Seis Sigma utilizado en esta investigación, será una herramienta de gestión útil para su implementación no importando el tamaño o giro de la organización.

El entorno universitario por su parte podrá tomar los resultados de esta investigación para analizar y rediseñar sus planes de estudio en función de la identificación de las metodologías y herramientas, más eficaces y eficientes en las organizaciones latinas de la actualidad.

Por último el beneficio a los profesionistas, los cuales tendrá la oportunidad de tomar las mejoras prácticas de la industria y replicarlas en sus organizaciones potencializando así los beneficios y acortando los tiempos de ciclo de mejora en sus procesos de negocio.

## **1.1 Objetivos de la Investigación**

### GENERAL

Conocer el impacto que ha tenido en las organizaciones latinoamericanas el uso y aplicación de la metodología Lean Six Sigma en la última década, y cuales han sido sus factores críticos de éxito.

### PARTICULARES

- a) Conocer cuál es el nivel de dominio de las herramientas Lean y Seis Sigma en las organizaciones Latinoamericanas.
- b) Conocer cuál es el nivel de madurez de las organizaciones Latinoamericanas respecto a la metodología Lean Six Sigma.

## 1.2 Preguntas de la Investigación

### GENERAL:

¿Cuál ha sido el impacto que ha tenido la metodología Lean Six Sigma en organizaciones latinoamericanas en la última década, y cuáles han sido sus factores críticos de éxito?

### PARTICULARES

- a) ¿Cuál es el dominio de las herramientas Lean y Seis Sigma en las organizaciones latinoamericanas?
- b) ¿Cuál es el nivel de madurez de las organizaciones latinoamericanas respecto a la metodología Lean Six Sigma?

## **CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Marco Conceptual**

#### **2.1.1 Manufactura Esbelta**

##### **2.1.1.1 Introducción**

A inicios del siglo XIX ya se vislumbraba un intento por incluir acciones e ideas en una base científica por parte de los empresarios, para esas fechas economistas como Adam Smith y John Stuart Mill habían proporcionado ya un primer marco teórico a la asignación de los recursos, a la producción y a la fijación de precios.

Pero no fue hasta 1878 con los primeros trabajos de Frederick Winslow Taylor, que desde el enfoque Clásico de la Administración dio origen a la Administración Científica con sus estudios analíticos sobre tiempos de ejecución y remuneración del trabajo que determinaron científicamente el trabajo estándar.

Posteriormente en 1912 Yoichi Ueno introdujo el taylorismo en Japón creando el llamado "estilo japonés de Administración", seguido por Taiichi Ohno con su sistema de Producción Toyota denominado Manufactura Esbelta o Producción Ajustada por su siglas en inglés "Just in time".

#### **Definición de Manufactura Esbelta**

El termino Manufactura Esbelta fue acuñado por Taiichi Ohno, y descrito en su publicación Toyota Production System, Beyond Large-Scale Production. Tal y como lo comenta en su obra:

“Mi mayor contribución fue construir un sistema de producción que pudiera responder sin despilfarros a los cambios del mercado y que,

adicionalmente, por su propia naturaleza redujera los costos” (Ohno, 1998)

La idea de Ohno de que si se elimina el desperdicio, la productividad incrementará 10 veces su proporción, dio inicio al actual sistema de producción Toyota.

La base del sistema Toyota, comenta Ohno en su libro, es la absoluta eliminación de desperdicio y está soportada por dos pilares, el justo a tiempo y la autonomía humana.

Ohno (1998) hace una clasificación de los desperdicios para su identificación, análisis y reducción o eliminación de manera sistémica, como base de su sistema.

1. Desperdicio de sobreproducción: La sobreproducción se genera cuando se produce más producto de lo que se requiere en ese momento por sus clientes. Una práctica común que conduce a esta “muda” o desperdicio, es la producción de grandes lotes. La sobreproducción es considerada la peor muda porque oculta y / o genera todos los demás. La sobreproducción conduce a exceso de inventario, el cual requiere el gasto de los recursos de espacio de almacenamiento y conservación, actividades que no benefician a los clientes.
2. Desperdicio de demoras: Siempre que los bienes no se encuentran en el transporte o en trámite, están esperando. En los procesos tradicionales, una gran parte de la vida de un producto individual se gasta en espera de ser trabajado.
3. Desperdicio de transporte: Cada vez que un producto es movido, tiene el riesgo de ser dañado, perdido, tener retraso, etc. Además de

ser un costo de no valor añadido. La transportación no hace ninguna transformación al producto que el cliente está dispuesto a pagar.

4. Desperdicio de procesamiento: Durante el procesamiento se produce cada vez que se realiza más trabajo en un componente o servicio de lo requerido por el cliente.
5. Desperdicio de inventario: Inventario, ya sea en forma de materias primas, productos en proceso o también conocido como WIP, o productos terminados, representa un desembolso de capital que aún no ha producido un ingreso ya sea por el productor o para el consumidor. Cualquiera de estos tres elementos no están activamente procesados para añadir valor, por lo cual son un desperdicio.
6. Desperdicio de movimientos: En contraste con el transporte, que se refiere a los daños a los productos y los costos de transacción asociados con el movimiento de ellos, el movimiento se refiere a los daños que ocasiona el proceso de producción de la entidad que crea el producto, ya sea a través del tiempo (desgaste de los equipos y las lesiones por esfuerzo repetitivo para los trabajadores) o durante eventos discretos (accidentes daños al equipo y / o lesionar a los trabajadores).
7. Desperdicio de defectos: Cada vez que aparecen imperfecciones, se incurre en costos adicionales reelaboración de la parte, reprogramación de producción, etc. Los defectos en la práctica a veces puede duplicar el costo de un solo producto. Esto no debe ser transmitido al consumidor y debe ser tomado como una pérdida

El sistema de Manufactura Esbelta a su vez maneja una amplia gama de herramientas para la eliminación de estos desperdicios, y diversos autores

han escrito acerca de ellas. Tal como lo hace Allen (2001) en su libro Lean Manufacturing a Plant Floor Guide, en donde describe estas herramientas y su utilización específica para la eliminación de cada tipo de desperdicio.

Debido a que el presente estudio investigará sobre el uso que hacen las empresas latinoamericanas de estas herramientas, la investigación se limitará a las siguientes herramientas.

- Mapa de flujo de valor
- Kanban
- 5S's
- Poka Yoke
- Mantenimiento Productivo Total
- Manufactura Celular
- SMED

A continuación se hará una descripción de cada una de estas herramientas y de su utilización en la eliminación de desperdicios bajo la filosofía de Manufactura Esbelta.

### **2.1.1.2 MAPA DE FLUJO DE VALOR**

El Mapa de Flujo de Valor también conocido en el Sistema de Producción Toyota como Mapa de flujo de Materiales, o por sus siglas en ingles Value Stream Mapping, fue desarrollado y sistematizado por Mike Rother y John Shook a partir de su experiencia de trabajo en Toyota Motor y publicado en su libro "Learning to See". (Rother & Shook, 2003)

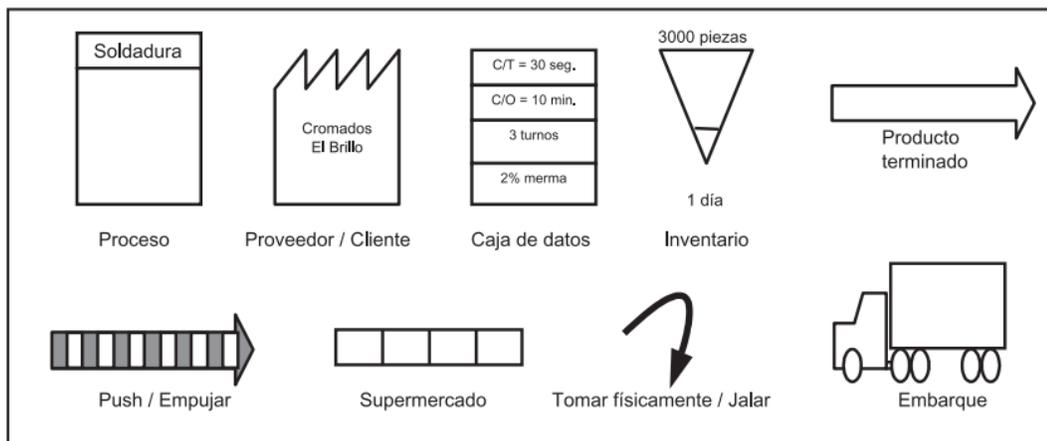
Tal y como lo define Rother (2003), el Mapa de Flujo de valor es una representación gráfica en papel y lápiz, del flujo que tiene los materiales y la información en cada proceso en conjunto con sus datos clave.

En este mapa o diagrama se identifican todos los pasos, actividades u operaciones, que agregan o no agregan valor, requeridas para fabricar un producto o servicio desde los proveedores hasta el cliente final. (Rother & Shook, 2003)

El Mapa de Flujo de Valor es una herramienta que por medio de simples iconos y gráficos muestra la secuencia y el movimiento de la información, materiales y las diferentes operaciones que compone la cadena de valor.

En la figura 2.1 podremos observar los principales elementos con los cuales se construye un Mapa de Flujo de Valor, como lo son Proceso, Proveedor/Cliente, Caja de Datos, Inventario, Producto Terminado, Empuje de Materiales, Supermercado, Tomar Físicamente, y Embarque.

Figura 2.1 : Simbología Utilizada en el Mapa de Flujo de Valor



Fuente: adaptación del autor a Rother & Shook (2003)

Su realización consta de cuatro pasos descritos por Rother (2003).

El primer paso consiste en la elección de la familia de productos que serán analizados a todo lo largo del ciclo de producción. Tomando en

consideración que una familia de productos es aquel grupo de productos que pasan por procesos similares y equipos comunes.

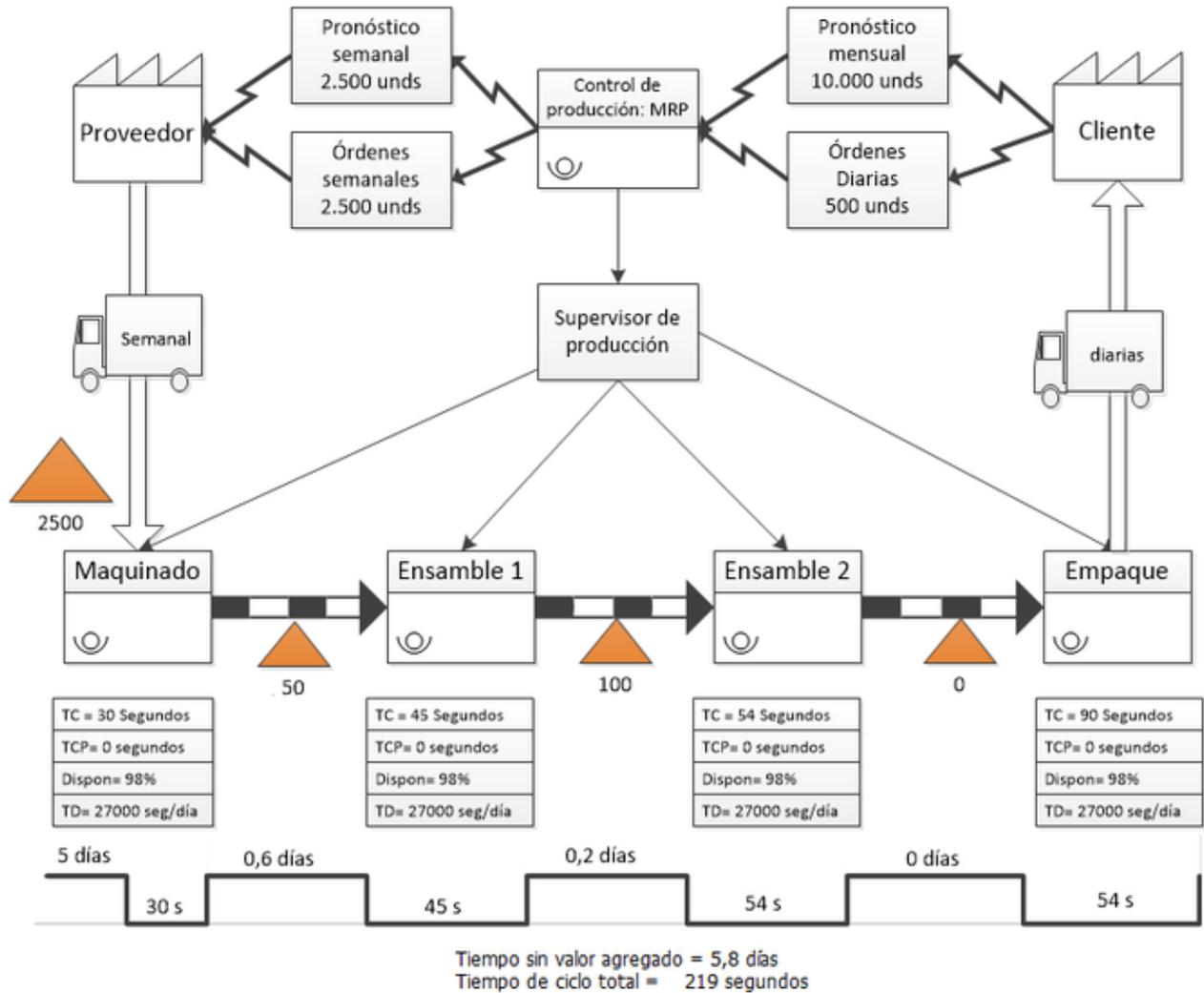
El segundo paso es el mapeo del estado actual y su elaboración consiste en seguir a contracorriente el flujo de producción de un producto, desde el cliente hasta el proveedor. El mapa del estado actual comenta Rother (2003), describe en forma visual los flujos de información, materiales, inventarios y los tiempos de ciclo de cada operación. Con ello se tiene una visión clara de los puntos en los que la información o los materiales se detienen, no fluyen, lo que origina desperdicios y retrasos en la entrega final al cliente.

El tercer paso es el mapeo del mejor estado futuro posible al que se quisiera llegar, sin ninguna restricción. En ese estado futuro, los materiales y la información deberían fluir libremente, sin obstáculos para generar valor a la máxima velocidad posible, evitando cualquier desperdicio.

Por último el cuarto paso es la definición e implementación de un plan de trabajo, para lo cual no se parte de cero, ya que se sabe en dónde se está y a dónde se quiere llegar, se elabora el plan de acción con las actividades necesarias para realizar un proceso de mejora continua.

En la figura 2.2 podemos observar el ejemplo de un Mapa de Flujo de valor identificando sus principales componentes y actores, así como de la información mínima contenida en él, como los son, Flujo de Materiales y Producto, Flujo de Información, Procesos, Inventarios, Tiempo de Valor Agregado, y Tiempo de Valor no Agregado.

Figura 2.2: Ejemplo de Mapa de Flujo de Valor del Estado actual



Fuente: Autor (2015)

### 2.1.1.3 KANBAN

El sistema KANBAN o sistema jalar por sus siglas en ingles "Pull System" de acuerdo a Gross & McInnis (2003), consiste en un sistema de comunicación que permite controlar la producción, sincronizar los procesos de manufactura con la demanda del cliente y apoyar fuertemente la programación de la producción.

Con la programación de Kanban comenta Gross & McInnis (2003), los operadores utilizan señales visuales para determinar cuánto producir y cuándo parar. Las reglas Kanban también le dicen a los operadores qué hacer cuando tienen problemas y qué hacer cuando éstos se presentan. Por último, un kanban bien planificado tiene indicadores visuales que permiten a los gerentes y supervisores ver el estado de la programación de la línea de un solo vistazo.

Gross & McInnis (2003) definen la programación kanban como la programación de la demanda. En los procesos controlados por kanban, los operadores producen los productos basados en el uso real en lugar de la utilización prevista. Por tanto comentan Gross & McInnis (2003), para que un proceso de programación pueda ser considerado un verdadero Kanban, el proceso de producción debe asegurar que:

- Sólo se produce el producto para sustituir el producto consumido por su cliente
- Sólo se produce un producto basado en las señales enviadas por su cliente

Con este nuevo modelo de manejo de inventario comenta Gross & McInnis (2003), la programación de kanban reemplaza el programa de producción semanal o diario tradicional, ya que ésta se reemplaza con señales visuales y reglas de decisión predeterminadas que permiten a los operadores de producción programar la línea de acuerdo a la demanda.

Algunos de los principales beneficios de la implementación de Kanban descritos por Gross & McInnis (2003), son:

- Reducción de inventario
- Mejora de flujo
- Prevención de sobreproducción
- Control en el lugar de trabajo del operador
- Creación de programación y gestión de procesos visual

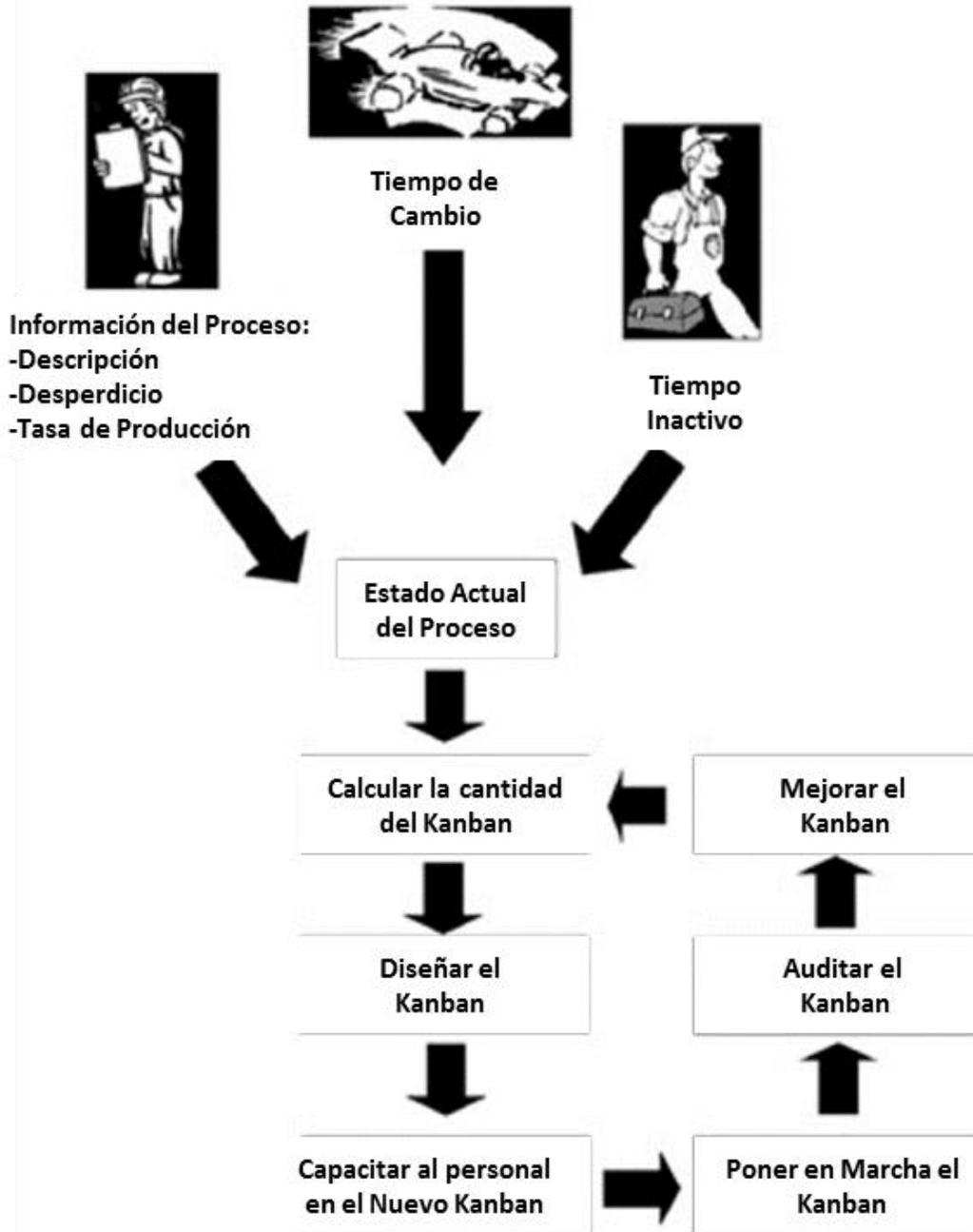
- Mejora de la capacidad de respuesta a los cambios de la demanda
- Reducción del riesgo de inventario obsoleto
- Incremento en la habilidad para gestionar la cadena de suministro

El proceso de implementación de este sistema Kanban consta principalmente de un cambio de mentalidad y la convicción de modificar el status quo, comentan Gross & McInnis (2003), una vez tenido esto se deberán de seguir los siguientes siete pasos.

1. Conducir la recolección de datos
2. Calcular el tamaño del Kanban
3. Diseñar el Kanban
4. Entrenar al todo el personal
5. Iniciar el Kanban
6. Auditar y mantener el Kanban
7. Mejorar el Kanban

En la siguiente figura 2.3 podemos observar los pasos para la implementación del Modelo Kanban expuesto por Gross & McInnis (2003)

Figura 2.3 Implementación del Modelo Kanban



Fuente: (Gross & McInnis, 2003)

#### 2.1.1.4 5S's

Tal como lo dice Imai (1997) "Las 5's simbolizan cinco palabras japonesas que constituyen el housekeeping". Estas cinco palabras son: Seiri (Clasificar), Seiton (Orden), Seiso (Limpieza), Seiketsu (Estandarizar) y Shitsuke (Disciplina).

La filosofía cinco "S" es uno de los pilares del modelo industrial que se aplica en Japón y en la actualidad en empresas occidentales. Esta filosofía no es exclusiva de la cultura japonesa ya que todos en algún momento se aplicará de manera inconsciente por ejemplo: Cuando organizamos y mantenemos en orden nuestra habitación o nuestra oficina, estamos poniendo en práctica Seiri y Seiton.

En la siguiente figura 2.4 se esquematizan las etapas de la filosofía 5S's propuestas por Imai (1997), en donde podemos observar su secuencia en interacción como un todo integrando Seiri (Clasificar), Seiton (Orden), Seiso (Limpieza), Seiketsu (Estandarizar) y Shitsuke (Disciplina).

Figura 2.4: Esquema de 5S's



Fuente: Autor (2015)

A continuación se explican cada una de las 5S's expuestas en la figura 2.4

**Seiri** (Clasificar y desechar lo que no se necesita). Significa eliminar del área de trabajo todos los elementos que no sean necesarios para realizar nuestras actividades, es decir, “diferenciar entre elementos necesarios e innecesarios y descartar éstos últimos”<sup>4</sup>

Es muy común el llenarnos de elementos, herramientas, cajas con productos, útiles y elementos personales que nos cuesta trabajo pensar en la posibilidad de realizar el trabajo sin estos elementos. Buscamos tener alrededor elementos o componentes pensando que nos harán falta algún día. Con este pensamiento creamos verdaderos stocks reducidos y nos aseguramos de que no existan cosas que estorben o quiten espacio.

**Seiton** (Ordenar: un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar). En “Seiton” se busca organizar los elementos que quedan después de “Seiri” con la finalidad de agilizar su búsqueda. Aplicar “Seiton” en mantenimiento y talleres tiene que ver con la mejora de la visualización de los elementos de las máquinas e instalaciones industriales.

Una vez eliminados los elementos que no son necesarios, se debe definir el lugar a ubicar aquellos que necesitamos con frecuencia, identificándolos para así eliminar el tiempo de búsqueda y facilitar su retorno al sitio una vez utilizados (es el caso de la herramienta).

**Seiso** (Limpiar el sitio de trabajo y prevenir la suciedad y el desorden). “Seiso” significa limpiar el entorno de trabajo, máquinas, herramientas y todas las áreas en general. Esto implica que el usuario de la maquina verifique el equipo durante el proceso de limpieza, con la finalidad de identificar los problemas de escapes, averías, fallos o cualquier tipo de “muda” o desperdicio.

Para aplicar “Seiso” se debe integrar la limpieza como parte del trabajo diario y asumirla como una actividad de mantenimiento autónomo.

**Seiketsu** (Estandarizar o preservar altos niveles de organización, orden y limpieza). “Seiketsu” o estandarización nos permite mantener los logros alcanzados con la aplicación de las tres "S" anteriores. Si no existe un proceso para conservar los logros, es posible que el lugar de trabajo nuevamente llegue a tener elementos innecesarios y se pierda la limpieza alcanzada con nuestras acciones.

“Seiketsu” o estandarización pretende definir las normas que deben contener los elementos necesarios para realizar el trabajo de limpieza, tiempo empleado, medidas de seguridad a tener en cuenta y procedimientos a seguir en caso de identificar alguna anomalía.

**Shitsuke** (Disciplina). Para la continuidad de la aplicación de la filosofía “5's” es fundamental el “Shitsuke” o disciplina, teniendo por parte de la empresa una disciplina basada en el ciclo Deming.

“Shitsuke” o disciplina implica el respeto de las normas y estándares establecidos para conservar el sitio de trabajo impecable.

#### **2.1.1.5 POKA YOKE**

“Poka-yoke” es una técnica de calidad desarrollada por el ingeniero japonés Shigeo Shingo en los años 1960's, que significa "a prueba de errores". La idea principal es la de crear un proceso donde los errores sean imposibles de realizar. (Shingo S. , 1986)

La finalidad del “Poka-yoke” descrita por Shingo (1986), es eliminar los defectos en un producto ya sea previniendo o corrigiendo los errores que se presenten lo antes posible.

“Un dispositivo “Poka-yoke” es cualquier mecanismo que ayuda a prevenir los errores antes de que sucedan, o los hace que sean muy obvios para que el trabajador se dé cuenta y lo corrija a tiempo”. (Shingo S. , 1986)

El concepto es simple comenta Shingo (1986), si no se permite que los errores se presenten en la línea de producción, entonces la calidad será alta y el re-trabajo poco. Esto aumenta la satisfacción del cliente y disminuye los costos al mismo tiempo. El resultado, es de alto valor para el cliente. No solamente el concepto es simple, las herramientas y/o dispositivos son también simples.

Los sistemas “Poka-yoke” propuestos por Shingo (1986), implican el llevar a cabo el 100% de inspección, así como, retroalimentación y acción inmediata cuando los defectos o errores ocurren. Este enfoque resuelve los problemas de la vieja creencia que el 100% de la inspección toma mucho tiempo y trabajo, por lo que tiene un costo muy alto.

La práctica del sistema “Poka-yoke” se realiza más frecuentemente en el sector manufacturero para enriquecer la calidad de sus productos previniendo errores en la línea de producción, sin embargo asegura Shingo (1986), no está limitado a este sector, ya que bajo el mismo concepto se puede aplicar en el sector servicios.

Un sistema “Poka-Yoke” posee dos funciones afirma Shinhgo (1986), una es la de hacer la inspección del 100% de las partes producidas, y la segunda es poder dar retroalimentación si ocurren anomalías y tomar acción correctiva oportuna. Los efectos del método “Poka-Yoke” en reducir defectos van a depender del tipo de inspección que se esté llevando a cabo, ya sea: en el inicio de la línea, auto-inspección, o inspección continua.

Shingo (1986) clasifica en tres los métodos “Poka Yoke”, métodos de contacto, de valor fijo, y del paso-movimiento.

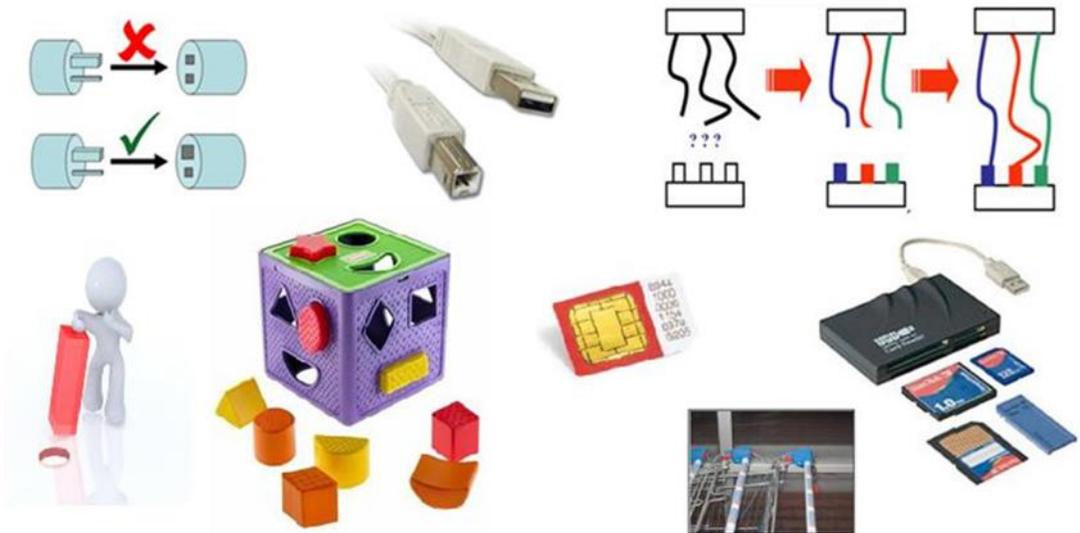
Los métodos de contacto son métodos donde un dispositivo sensitivo detecta las anomalías en el acabado o las dimensiones de la pieza, donde puede o no haber contacto entre el dispositivo y el producto.

Los métodos de valor fijo son aquellos en el que las anomalías son detectadas por medio de la inspección de un número específico de movimientos, en casos donde las operaciones deben de repetirse un número predeterminado de veces.

Los métodos del paso-movimiento son aquellos en el cual las anomalías son detectadas inspeccionando los errores en movimientos estándares donde las operaciones son realizadas con movimientos predeterminados. Este extremadamente efectivo método tiene un amplio rango de aplicación, y la posibilidad de su uso debe de considerarse siempre que se esté planeando la implementación de un dispositivo “Poka-Yoke”.

En la siguiente figura 2.5 se exponen distintos ejemplos de dispositivos Poka Yoke, algunos visuales y otros de forma.

Figura 2.5: Ejemplos de Poka Yoke



Fuente: (Martišovič, 2013)

### 2.1.1.6 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

El término Mantenimiento Productivo Total (TPM por sus siglas en inglés, *total productive maintenance*) fue introducido en la década de los 70's del siglo XIX en Japón por el Instituto Japonés de Planificación del Mantenimiento (JIPM por sus siglas en inglés, Japan Institute of Plant Maintenance), y se le atribuye a Seiichi Nakajima por su libro *Total Productive Maintenance* (Nakajima, 1988).

A decir de Nakajima el "TPM" es el motor que provee estabilidad a los procesos de manufactura en la mayoría de las implementación LEAN, y lo describe como el "mantenimiento productivo llevado a cabo por todos los empleados a través de actividades en grupos pequeños", el objetivo es que las tareas del mantenimiento sean distribuidas no solo en el personal de mantenimiento sino en el personal operativo también (Nakajima, 1988).

El técnico de mantenimiento puede ser comparado con un médico, dice Nakajima, cuando el operador no puede tratar eficazmente los síntomas, un experto en la materia debe ser contratado para diagnosticar y tratar eficazmente la anormalidad (Nakajima, 1988).

“TPM” ha sido definido también como “una metodología de planificación de mejora que permite la mejora continua y rápida a través del uso de la participación de los empleados, la capacitación de los empleados, y la medición de circuito cerrado de los resultados” (Allen, Robinson, & Stewart, 2001).

La metodología creada por Nakajima consta de 12 pasos en 4 etapas para su implementación

ETAPA	PASO
Preparación	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La alta dirección anuncia la introducción del TPM.</li> <li>✓ Programas de educación y campañas para introducir el TPM.</li> <li>✓ Crear organizaciones para promover el TPM.</li> <li>✓ Establecer políticas básicas del TPM y metas.</li> <li>✓ Formular el plan maestro para el desarrollo del TPM.</li> </ul>
Implementación Preliminar	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Organizar un acto de iniciación al TPM.</li> </ul>
Implementación de TPM	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mejorar la efectividad de cada elemento del equipo.</li> <li>✓ Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo.</li> <li>✓ Desarrollar un programa de mantenimiento para el departamento de mantenimiento.</li> <li>✓ Formar al personal para que conozca cómo manejar su equipo y qué mantenimiento diario necesita.</li> </ul>

- ✓ Desarrollar un programa para gestionar la compra y diseño de equipos en su fase inicial.

Estabilización      ✓ Perfeccionamiento del TPM.

Traducción de Table 15-1. The 12 steps of TPM (Allen, Robinson, & Stewart, 2001)

### **2.1.1.7 FABRICA VISUAL**

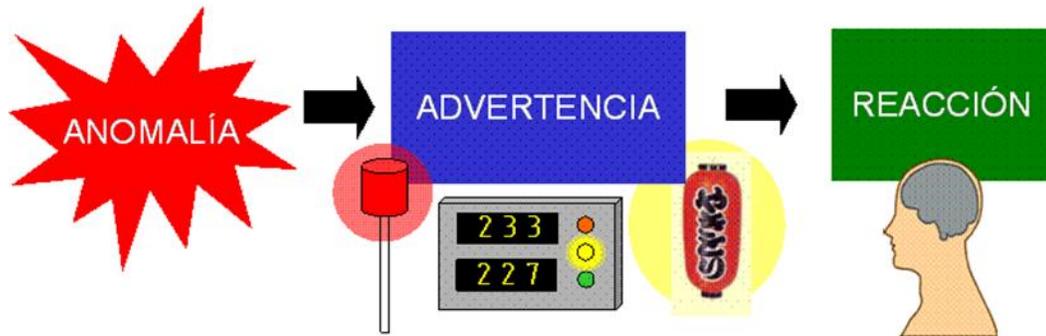
La Fabrica Visual tal como lo expone Gregory Thomerson citado por Allen en su libro Lean Manufacturing “es un sistema que ayuda a organizar y controlar el ambiente del espacio de trabajo, asegurando la calidad y proveyendo de soporte para estándares de productividad” (Allen, Robinson, & Stewart, 2001).

Una de las herramientas de la Fabrica Visual es el denominado Sistema “Andon” que es utilizado para alertar de problemas en un proceso de producción. Da al operario o a la máquina automatizada la capacidad de detener la producción al encontrarse un defecto y de continuarla cuando se soluciona.

Los motivos más comunes para el uso de la señal “Andon”, según Robinson (2001), pueden ser falta de material, defecto creado o encontrado, mal funcionamiento del utillaje o la aparición de un problema de seguridad.

En la siguiente figura 2.6 se da un ejemplo de la aplicación de un dispositivo “Andon” para la oportuna toma de acciones en el proceso, en donde se identifica una anomalía en el proceso, paso seguido el dispositivo “Andon” genera una alerta visual y posiblemente sonora, para la reacción de toma de acción del personal responsable del proceso.

Figura 2.6: Ejemplos de dispositivos ANDON



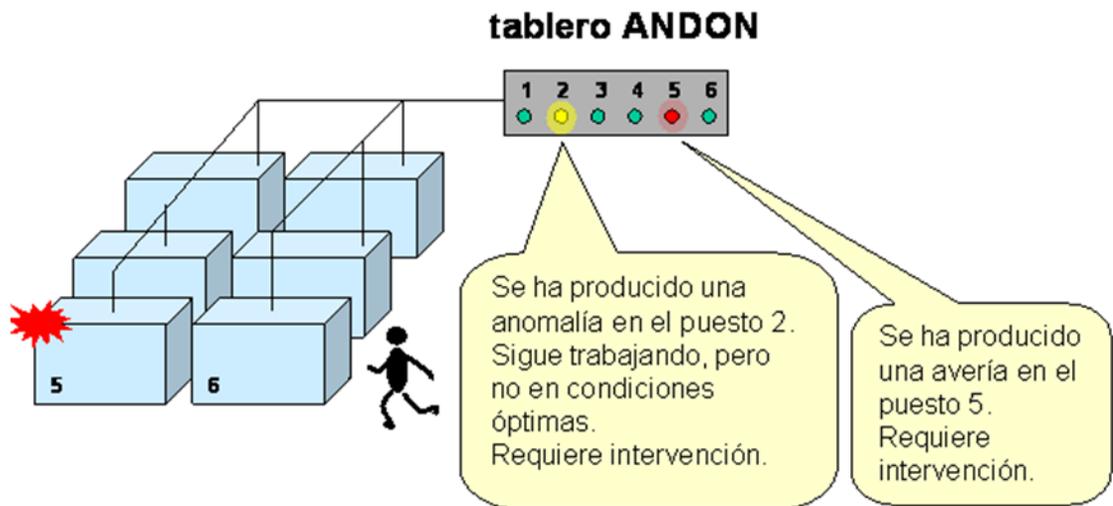
Fuente: Autor (2015)

La complejidad de un sistema “Andon” puede ser variable. La forma más simplificada es la de una columna de luces de varios colores. Una de ellas representa el estado correcto en el que la producción transcurre de forma normal, respetando la cadencia de producción estándar y sin problemas de calidad, seguridad, etc.

Las otras representan cada una de las categorías de fallo que se quieran identificar y se encienden cuando se produzca un fallo de la categoría correspondiente.

En la siguiente figura 2.7 se ejemplifica un modelo ANDON de distribución de luces para identificar anomalías o fallas en el proceso y su pronta ubicación para oportuna toma de acciones por parte del personal responsable.

Figura 2.7: Ejemplo de distribución de luces ANDON



Fuente: Autor (2015)

Los sistemas más evolucionados pueden detallar aún más los tipos de error, comunicar los fallos a una red informática y registrar datos sobre el funcionamiento del puesto o de la línea de producción.

## TRABAJO ESTÁNDAR

Trabajo estándar de acuerdo a lo expuesto por Gregory Thomerson citado por Allen (2001) en su libro Lean Manufacturing, “es el método usado por el operador para organizar sus tareas de una manera segura y eficiente”. El trabajo estándar se centra en la organización y la especificación uniforme de los pasos para desarrollar el proceso de manufactura, asevera Thomerson.

Los principales beneficios del trabajo estándar mencionados por Thomerson son:

- Es un método seguro de trabajo
- Provee un proceso estable y predecible

- Previene sobreproducción y desperdicio de recursos
- Estabiliza, mantiene y controla la calidad
- Es una plataforma estable para la mejora continua
- Genera una guía para la reducción de costos
- Ayuda en el ajuste al “Takt time” o ritmo de la demanda, con la velocidad de la línea

De acuerdo a lo descrito por Thomerson, este sistema consta de 5 elementos

1. **Pasos del Trabajo** – Descripción elemental de los requerimientos del trabajo para completar las tareas en cada proceso.
2. **Pasos de Seguridad** – Todas las verificaciones, precauciones y equipo de seguridad definidas en formatos de trabajo estándar.
3. **Tiempos** – Utilización del tiempo en la estación de trabajo separado por tiempo de movimientos y transporte, tiempo de trabajo manual, y tiempo de trabajo automatizado.
4. **Takt time** – El total de tiempo disponible de operación dividido entre el número de unidades requeridas o demandadas.

#### **2.1.1.8 SMED**

“SMED” por sus siglas en inglés (Single-Minute Exchange of Die) según Allen (2001), es un sistema de reducción de tiempos de proceso por cambios y ajustes en maquinaria o estaciones de trabajo.

Cambio Rápido o “SMED” no necesariamente es física cuántica, asegura Allen (2001), es una simple herramienta de mano que es fácil de entender e implementar. Algunas compañías tienen cambios en sus procesos que les toman horas, días y en algunos casos hasta semanas. Lo que les genera altos costos operativos por inventarios y altos tiempos de proceso.

Los principales beneficios del trabajo estándar mencionados por Thomerson son:

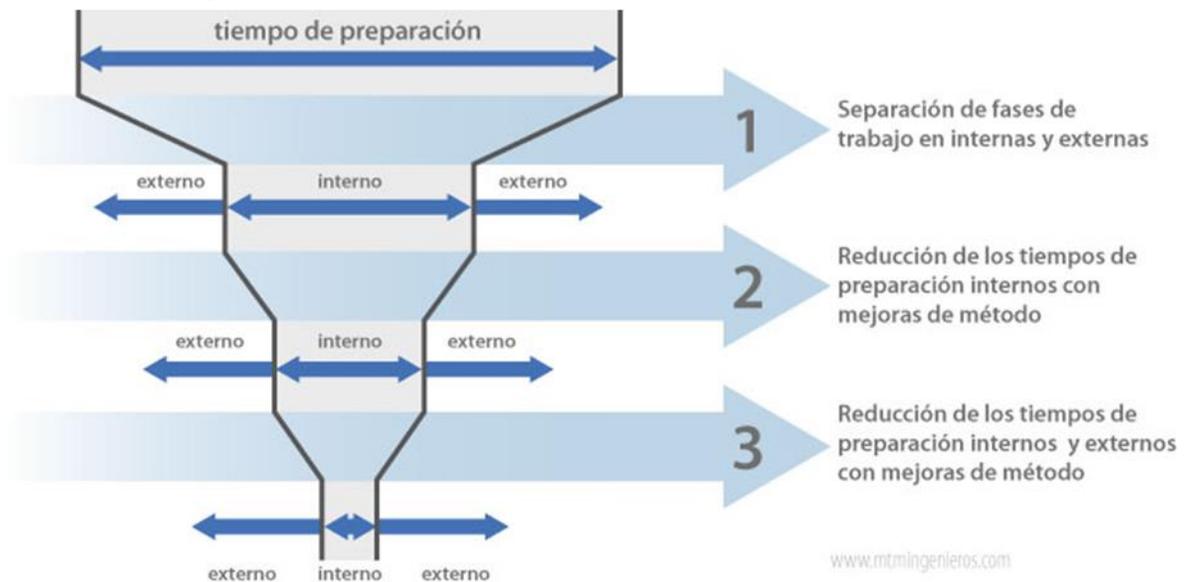
- Reducción de tiempos de espera
- Posible eliminación de turnos extras
- Mejor eficiencia operativa
- Más partes por persona

Este concepto introduce la idea de que en general cualquier cambio de máquina o inicialización de proceso debería durar no más de 10 minutos, de ahí la frase “single minute” o sólo un minuto.

Entendiéndose por cambio de herramientas el tiempo transcurrido desde la fabricación de la última pieza válida de una serie hasta la obtención de la primera pieza correcta de la serie siguiente; no únicamente el tiempo del cambio y ajustes físicos de la maquinaria.

En la siguiente figura 2.8 se hace una representación de las tres etapas descritas por Allen (2001) para la implementación de un modelo SMED, el cual consta de analizar el tiempo de preparación en interno y externo, pasando de etapa en etapa reduciendo el tiempo interno y traduciéndolo a externo, el cual no afecta el flujo continuo del proceso.

Figura 2.8: Esquema de etapas del Modelo SMED



Fuente: (mtmingenieros, 2008)

La primera etapa denominada fase preliminar, corresponde a operaciones que se realizan a máquina parada.

En los ajustes tradicionales, los ajustes internos y externos están mezclados: lo que podría hacerse en externo se hace en ajustes internos. Es necesario estudiar en detalle las condiciones reales de la máquina con respecto a las políticas de ajustes internos y externos. Una buena aproximación es un análisis continuo de producción con un cronómetro. Un sistema más eficaz es utilizar una o más cámaras de vídeo, cuyas filmaciones podrán ser analizadas en presencia de los mismos operarios.

En un cambio de producción, deben definirse las operaciones a realizar:

- la preparación de la máquina, del puesto de trabajo;
- la limpieza y el orden del puesto de trabajo;
- la verificación de la materia prima y de los productos químicos;
- la correcta regulación del equipo;
- el ajuste a patrones, ventanas referentes de fabricación;
- la realización y la prueba;

- la aprobación y liberación para la producción.

La segunda etapa es la **separación de elementos internos y externos** e implica diferenciar entre la preparación con la máquina parada (preparación interna) y la preparación con la máquina en funcionamiento (preparación externa).

En esta fase se hace referencia a aquellas operaciones que necesitan inevitablemente que la máquina esté parada. En la siguiente fase se hace referencia a las operaciones que se pueden realizar con la máquina en marcha.

El primer paso consiste en diferenciar este tipo de operaciones, es decir, cuando la máquina está parada no se debe realizar ninguna operación de la preparación externa. En las operaciones con la máquina parada se deben realizar exclusivamente la retirada y la colocación de los elementos particulares de cada producto (moldes, matrices, ajustes etc.).

Una actividad de apoyo que puede soportar esta fase es la realización de un vídeo, el cual nos ayudará a separar estas operaciones y ver el tiempo real de cambio, así como también las mejoras de tiempo.

La tercera etapa denominada **conversión de elementos internos en externos**, y es claro que esta actividad debe efectuarse siempre y cuando sea posible. Sin embargo, la conversión de actividades internas en externas no se limita de ninguna manera a efectuar actividades de preparación sobre la máquina cuando ésta se encuentra operando, puesto que existen un sinnúmero de actividades que constituyen una conversión de actividades internas en externas sin compromisos de seguridad.

La cuarta etapa es la **administración de operaciones externas**, esta fase se basa en la disposición de todas las herramientas y materiales (matrices, elementos de fijación, etc.) que soportan las operaciones externas. Estos

elementos deben estar dispuestos al lado de la máquina tras haberse realizado toda reparación de los componentes que deben entrar. Es usual que en esta fase se deba realizar algún tipo de inversión en activos de mantenimiento, almacenamiento, alimentación o transporte.

La quinta etapa es la reducción del tiempo de las operaciones internas, esta fase consiste básicamente en reducir al mínimo los procesos de ajuste. Se considera que este tipo de procesos constituye entre el 50% y el 70% de las operaciones de preparación interna.

Uno de los mejores métodos de reducción es la estandarización de las características de los sistemas de sujeción de los elementos móviles de las máquinas. Otro aspecto clave en esta fase pasa por los tiempos de parametrización y ajuste para lograr la calidad del producto, en este caso, debemos centrarnos en fijar un estándar de las operaciones del proceso de cambio de utillajes que se relacionen directamente con los parámetros de calidad. En este caso se recurre frecuentemente a mejoras de ingeniería para obtener tales resultados.

#### **2.1.1.9 KAIZEN o Ciclo de Deming**

La herramienta Kaizen de origen japonés o Mejoramiento continuo en castellano, busca que los trabajadores vayan mejorando los estándares de la empresa y al hacerlo puedan llegar a tener estándares de muy alto nivel y alcanzar los objetivos de la empresa.

Esta herramienta utiliza el Círculo de Deming como herramienta para la mejora continua. Este círculo de Deming también se le llama “PDCA” por sus siglas en inglés, Planear, Hacer, Verificar y Actuar.

Plan (Planear): en esta fase el equipo pone su meta, analiza el problema y define el plan de acción

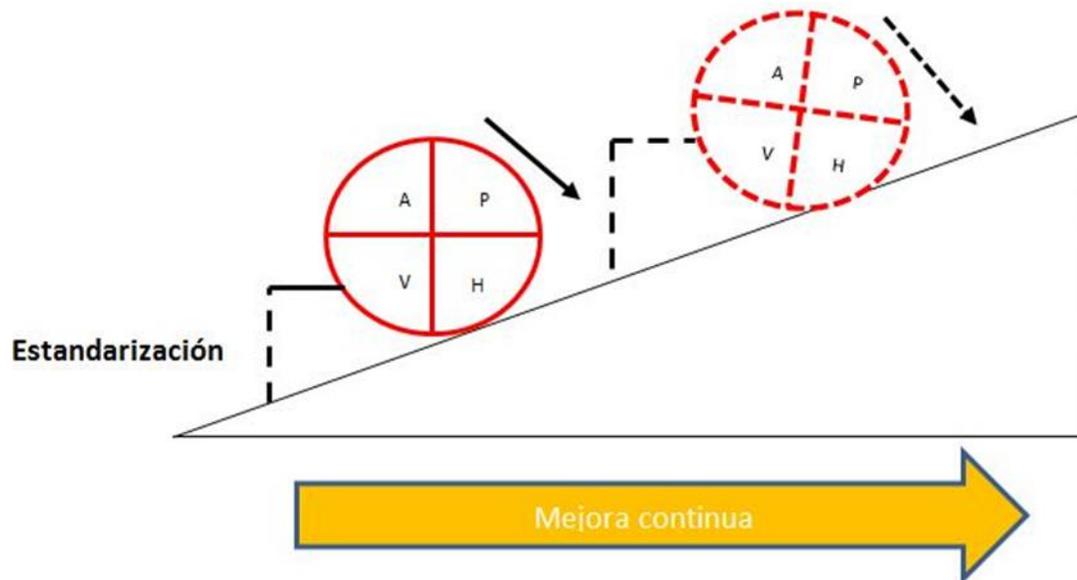
Do (Hacer): Una vez que tienen el plan de acción éste se ejecuta y se registra.

Check (Verificar): Luego de cierto tiempo se analiza el resultado obtenido.

Act (Actuar): Una vez que se tienen los resultados se decide si se requiere alguna modificación para mejorar.

En la siguiente figura 2.9 se ejemplifica el proceso de mejora continua haciendo uso del ciclo de mejora (Planear, Hacer, Verificar, y Actuar), en el cual cada vez que se alcanza una mejora con la aplicación del ciclo, se pasa a una etapa de estandarización para asegurar la sustentabilidad de los cambios realizados, y posteriormente se inicia otro ciclo de mejora, y así sucesivamente en un proceso continuo.

Figura 2.9: Esquema de Mejora Continua con el Ciclo PHVA



Fuente: (mtmingenieros, 2008)

## 2.1.2 Seis Sigma

### 2.1.2.1 Introducción a Seis Sigma

Los inicios de Seis Sigma datan de los años 1970, cuando una empresa Japonesa se hizo cargo de una de las fábricas de Motorola que manufacturaba televisores en los Estados Unidos, y rápidamente comenzaron a hacer cambios drásticos en la manera en que operaban. (PYZDEK, 2003)

Bajo la administración japonesa la fábrica empezó a producir televisores con un veinteavo de los defectos con que anteriormente lo venían realizando, utilizando los mismos trabajadores, la misma tecnología, los mismos diseños, al mismo tiempo que redujeron los costos operativos. Lo que hizo evidente que el problema era la gestión de Motorola. En propias palabras del CEO reconocieron “nuestra calidad apesta” (PYZDEK, 2003).

Hubo que esperar hasta casi mediados de la década de 1980 antes de que Motorola descubriera qué hacer al respecto. Bob Galvin, director general de Motorola en ese momento, inició la compañía en el camino de la calidad conocida como Seis Sigma y se convirtió en un ícono de los negocios en gran medida como resultado de lo que logró en la calidad de Motorola (PYZDEK, 2003).

El uso de Seis Sigma de Motorola lo llevó a ser conocido como un líder de calidad y de lucro. Dicha metodología hizo Motorola acreedora del Premio Nacional de Calidad Malcolm Baldrige en 1988, y fue entonces que el secreto de su éxito se hizo del conocimiento público y Seis Sigma causó un revuelo. (PYZDEK, 2003)

Hoy en día, empresas como GE y AlliedSignal han tomado la bandera de Seis Sigma y lo han utilizado para llevar a nuevos niveles el servicio al cliente y la productividad.

Pyzdek (2003) define a Seis Sigma como una aplicación rigurosa, enfocada y altamente efectiva de los principios y técnicas probadas de calidad. Integrando elementos de la obra de muchos pioneros de calidad.

Si bien Seis Sigma hace uso de técnicas estadísticas y de calidad ya utilizadas con anterioridad, su principal aportación se basa en la integración de éstas en una propuesta, que es el modelo de mejora denominado DMAIC, por sus siglas en inglés Definir, Medir, Analizar, Mejorar, y Controlar.

Con este nuevo enfoque, el rendimiento de una empresa se mide por el nivel sigma de sus procesos de negocio. Tradicionalmente las empresas aceptan tres o cuatro niveles de desempeño sigma como la norma, asegura Pyzdek (2003), a pesar de que estos procesos generan entre 6200 y 67 000 problemas por cada millón de oportunidades.

El estándar de Seis Sigma es de 3.4 problemas por cada millón de oportunidades en respuesta a las crecientes expectativas de los clientes y el aumento de la complejidad de los productos y procesos modernos (PYZDEK, 2003).

De acuerdo a Pyzdek (2003), Seis Sigma ayuda a la organización a hacer más dinero mediante la mejora de valor para el cliente y la eficiencia. Y genera una nueva definición de la calidad. Para efectos de Seis Sigma “la calidad es el valor añadido por un esfuerzo productivo” (PYZDEK, 2003).

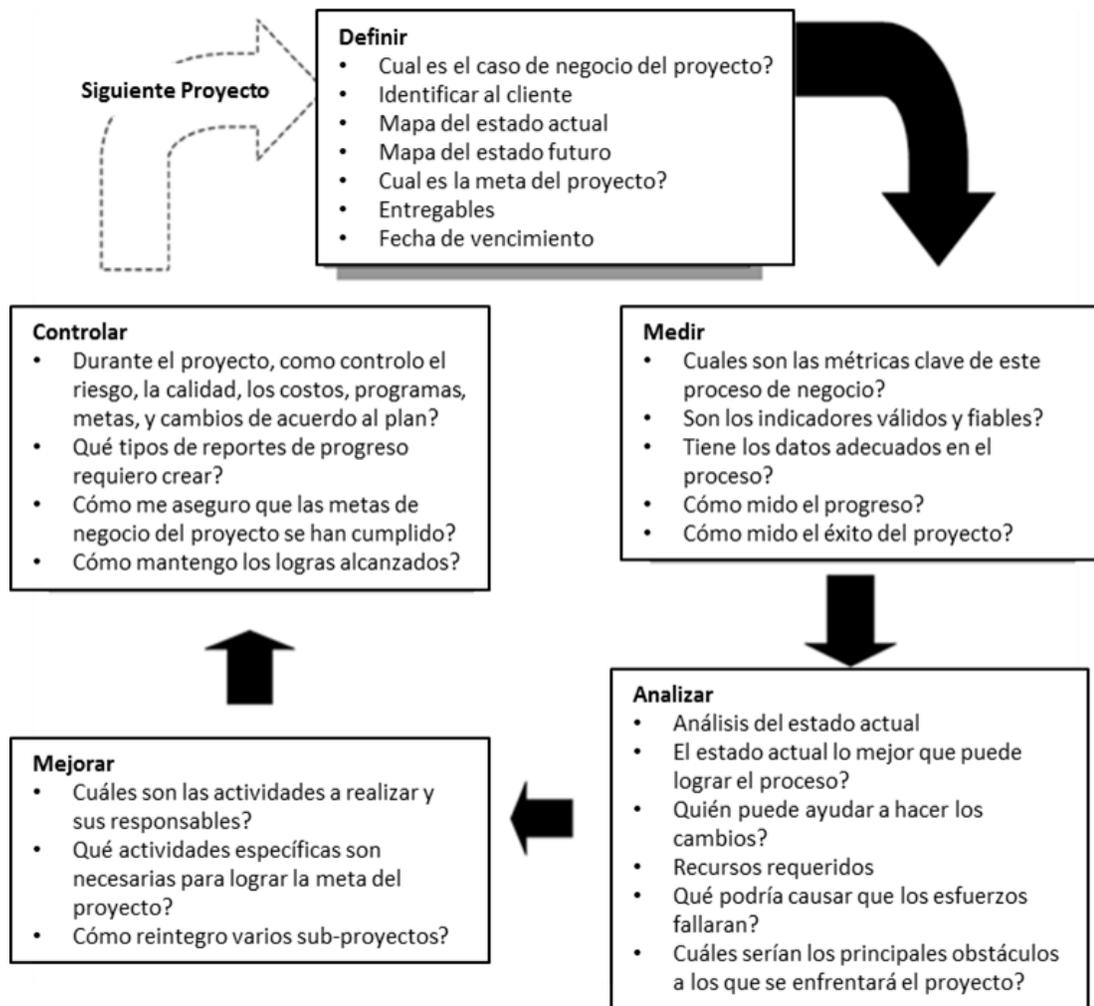
Calidad viene en dos sabores: calidad potencial y la calidad real, asegura Pyzdek (2003), calidad potencial es el valor máximo posible conocido añadido por unidad de insumo. La calidad real es el valor actual agregado por unidad de insumo. La diferencia entre la calidad potencial y real es entonces un desperdicio.

### **2.1.2.2 DMAIC**

Los proyectos de mejora bajo el enfoque de Six Sigma siguen la metodología denominada “DMAIC” por sus siglas en inglés Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, expresa Pyzdek (2003). Cada una de estas etapas son secuenciales en un modelo cíclico de mejora continua, tal como lo expresa el diagrama expuesto en su libro.

En la siguiente figura 2.10 se describe el ciclo de mejora Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (DMAIC) en un proyecto Seis Sigma, con los principales aspectos a considerar en cada una de las etapas.

Figura 2.10: Ciclo DMAIC en un proyecto Seis Sigma



Fuente: Traducción del Autor a (PYZDEK, 2003)

A continuación se describen las 5 etapas de la metodología DMAIC expuesta por Pyzdek (2003) y descritas en la figura 4.10.

#### Definir

Define los objetivos de la actividad de mejora. Los objetivos más importantes se obtienen de los clientes. En el nivel superior de los objetivos están los estratégicos de la organización, como una mayor lealtad de los clientes, un mayor retorno de inversión o aumento de la cuota de mercado, o una mayor satisfacción de los empleados. A nivel de operaciones, un objetivo podría ser la de aumentar el rendimiento de un departamento de producción. En los objetivos específicos del proyecto podrían ser reducir el nivel de defectos y aumentar el rendimiento para un proceso particular. (PYZDEK, 2003)

#### Medir

Mide el sistema existente. Establecer indicadores válidos y confiables para ayudar al progreso del monitor hacia el objetivo definido en el paso anterior. (PYZDEK, 2003)

#### Analizar

Analiza el sistema para identificar maneras de eliminar la brecha entre el desempeño actual del sistema o proceso y la meta deseada. Comienza por la determinación de la línea de base actual. Utiliza el análisis de datos exploratorio y descriptivo para ayudarlo a entender los datos. Y utiliza herramientas estadísticas para guiar el análisis. (PYZDEK, 2003)

## Mejorar

Mejora el sistema. Se utiliza la creatividad en la búsqueda de nuevas maneras de hacer las cosas mejor, más barato, o más rápido. Utiliza la gestión de proyectos y otras herramientas de planificación y gestión para implementar el nuevo enfoque. Utiliza métodos estadísticos para validar la mejora. (PYZDEK, 2003)

## Controlar

Controla el nuevo sistema. Institucionaliza el sistema mejorado mediante la modificación de los sistemas de compensación e incentivos, políticas, procedimientos, MRP, presupuestos, instrucciones de servicio y otros sistemas de gestión. Es posible que se desee utilizar la normalización como la ISO 9000 para asegurar que la documentación es correcta. Utiliza herramientas estadísticas para monitorear la estabilidad de los nuevos sistemas. (PYZDEK, 2003)

### **2.1.2.3 Estadística Descriptiva**

La estadística descriptiva se dedica a recolectar, ordenar, analizar y representar a un conjunto de datos ya sean de una población o de una muestra, con el fin de describir apropiadamente sus características. Este análisis se subdivide a su vez en medidas de tendencia central y medidas de dispersión tal y como lo describe Duncan, (2000) en su libro control de calidad y estadística industrial.

En él define a la Media, Mediana, y Moda como las medidas de tendencia central que ayudan a identificar el agrupamiento en torno al centro de una distribución de datos. Y al Rango, Varianza, y Desviación Estándar como las principales medidas de dispersión que ayudan a identificar qué tan dispersos están los datos respecto a su tendencia central.

En el siguiente cuadro se definen las principales medidas y sus fórmulas de cálculo.

Tipo	Medida	Formula	Observaciones
Tendencia Central	Media	$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$	También conocido como el Promedio, es uno de los más usados para tendencia central.
Tendencia Central	Mediana	$Me = L_{i-1} + \frac{\frac{N}{2} - N_{i-1}}{n_i} a_i$	Divide la distribución de datos a la mitad y es usada para distribuciones no normales.
Tendencia Central	Moda	$Mo = Li + \left( \frac{\Delta 1}{\Delta 1 + \Delta 2} \right) * C$	Es el dato que más se repite en la población o muestra.
Dispersión	Rango	$Rango = (Max) - (Min)$	Es la amplitud total de la dispersión de los datos de la muestra o población.
Dispersión	Varianza	$S^2 = \frac{\sum_i (X_i - \bar{X})^2}{n}$	Mide la dispersión de los datos y es muy sensible a variaciones extremas

Dispersión    Desviación  
                  Estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

Al igual que la varianza mide la dispersión pero en las mismas unidades de la variable, ejemplo metros, segundos, kilogramos, etc.

#### **2.1.2.4 Análisis de Sistemas de Medición (R&R)**

Un Sistema de Medición “es la colección de operaciones, procedimientos, instrumentos de medición y otro equipo, software y personal definido para asignar un número a la característica que está siendo medida” (Escalante Vázquez, 2010).

El análisis de sistemas de medición de acuerdo a Escalante (2010), consiste en determinar la capacidad y estabilidad de los sistemas de medición por medio de estudios de estabilidad, Repetibilidad, reproducibilidad, linealidad y exactitud.

Normativamente la calibración de un instrumento de medición se define como el “conjunto de operaciones que establecen bajo condiciones especificadas, la relación entre los valores indicados por un instrumento de medición, o los valores representados por una medida materializada o un material de referencia, y los valores correspondientes de una cantidad obtenida por un patrón de referencia” (Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C., 2004).

De acuerdo a Escalante (2010), la calidad de un sistema de medición se caracteriza por sus propiedades estadísticas: insesgado y varianza cero idealmente, esta evaluación de los sistemas de medición significa examinar su variación y los factores que la afectan.

Los sistemas de medición de acuerdo a Escalante (2010), deben poseer las siguientes propiedades estadísticas:

1. Estar en control estadístico (estabilidad estadística)
2. Su variabilidad debe de ser pequeña comparada con las especificaciones y con la variación del proceso
3. Los incrementos de medida no deben ser mayores a 1/10 de lo menor entre las especificaciones y la variación del proceso (discriminación o resolución)
4. Poco sesgo

La evaluación de los sistemas de medición se efectúa a través de estudios de repetitividad y reproducibilidad (Gage R&R), exactitud, estabilidad y linealidad. Los usos de esta evaluación de acuerdo a Escalante (2010) son:

- Aceptar equipo nuevo
- Comparar dos equipos entre sí
- Evaluar un calibrador sospechoso
- Evaluar un calibrador antes y después de repararlo
- Antes de implantar gráficas de control
- Cuando disminuya la variación del proceso
- De manera continua de acuerdo con la frecuencia de medición recomendada en los estudios o por el fabricante.

#### **2.1.2.5 Muestreo**

La muestra, es definida por Hernández (2010) como un subconjunto de la población tomado para analizar y estimar los parámetros de la población.

Para tal caso, estas muestras deben de ser representativas de la población por medio de un muestreo probabilístico, que asegure que todos los elementos de la población tengan la misma probabilidad de ser escogidos, y se obtengan definiendo las características de la población y el tamaño de la

muestra, por medio de una selección aleatoria o mecánica de las variables a analizar.

El muestreo en Seis Sigma es utilizado para dos propósitos principales, para la aceptación o rechazo de lotes, o para la estimación en pruebas de hipótesis.

El Muestreo de aceptación “es el proceso de evaluación de una porción de los productos de un lote con el propósito de aceptar o rechazar el lote completo” (Juran & Gryna, 1995).

Por su parte Duncan (2000), menciona que este tipo de muestreo puede ser utilizado bajo las siguientes condiciones:

- Cuando el costo de inspección es elevado, y las pérdidas que son consecuencia de una unidad defectuosa no son demasiado grandes.
- Cuando una inspección al 100% resulta exhaustiva, un proceso de muestreo bien diseñado produciría los mismos o hasta mejores resultados, ya que la inspección final al 100% puede no significar una calidad perfecta y el porcentaje de elementos defectuosos podría ser más elevado que cuando se aplica un proceso de muestreo científicamente diseñado.
- Cuando la inspección es destructiva. En este caso será imprescindible emplear un proceso de muestreo.

Este muestreo de aceptación se subdivide a su vez en muestreo por atributos y muestreo por variables.

Un plan de muestreo por atributos según Duncan (2000), es aquel que solamente discrimina piezas defectuosas de piezas buenas, y especifica el tamaño de muestra que debe tomarse y el límite de unidades defectuosas para que el lote no sea rechazado, también denominado número de aceptación.

Un plan de muestreo por variables según Duncan (2000), se refiere a la calidad promedio de un material o a la variabilidad de la calidad del material, y no a la fracción defectuosa. Es aplicable principalmente al muestreo de material a granel contenido en sacos, cajas, tambores o algún otro recipiente análogo.

En este muestreo a diferencia del de atributos, las decisiones para aceptar o rechazar se basarán en estadísticos tales como la media y la desviación estándar de un proceso o un lote.

#### **2.1.2.6 Diagrama Causa – Efecto**

La mejora de procesos asegura Pyzdek (2003), consiste en tomar la acción sobre las causas de variación. Con la mayoría de aplicaciones prácticas, el número de posibles causas para cualquier problema dado puede ser enorme. El Dr. Kaoru Ishikawa desarrolló un método simple de mostrar gráficamente las causas de cualquier problema de calidad dado. Su método es llamado por varios nombres, el diagrama de Ishikawa, el diagrama de espina de pescado, y el diagrama de causa y efecto.

El diagrama de causa y efecto, según Pyzdek, es una herramienta que se utiliza para organizar y representar gráficamente todos los conocimientos de un grupo que se ha relacionado con un problema en particular.

Por lo general, consta de los siguientes pasos:

1. Desarrollar un diagrama de flujo del área o proceso a mejorar.
2. Definir el problema a ser resuelto
3. Lluvia de ideas para encontrar todas las posibles causas del problema.
4. Organizar los resultados de la lluvia de ideas en categorías razonables.

5. Construir un diagrama de causa efecto que muestra con precisión las relaciones de todos los datos en cada categoría.

Una vez completados estos pasos, la construcción del diagrama de causa y efecto es muy simple, asegura Pyzdek (2003).

Los pasos son:

1. Dibujar un cuadro en el extremo derecho de una hoja grande de papel y trace una flecha horizontal que apunte a la caja. En el interior de la caja, escriba la descripción del problema que está tratando de resolver.
2. Escribir los nombres de las categorías anteriores y por debajo de la línea horizontal. Piense en esto como ramas del tronco principal del árbol.
3. Dibujar en los datos de causa detalladas para cada categoría. Piense en esto como extremidades y ramitas en las ramas.

En la siguiente figura 2.11 se esquematiza un ejemplo de Diagrama de Causa – Efecto, el cual en el recuadro de la derecha se especifica el problema a investigar, en recuadros arriba y abajo las posibles Causas Principales, y en líneas las Causas Secundarias.

Figura 2.11: Ejemplo de diagrama Causa - Efecto



Fuente: Autor (2015)

### 2.1.2.7 Diagrama de Pareto

El Análisis de Pareto es el proceso de clasificación de oportunidades para determinar cuáles de éstas son causas potenciales deben ser atendidas primero. También se conoce como el proceso de separar los pocos vitales de los muchos triviales. (PYZDEK, 2003)

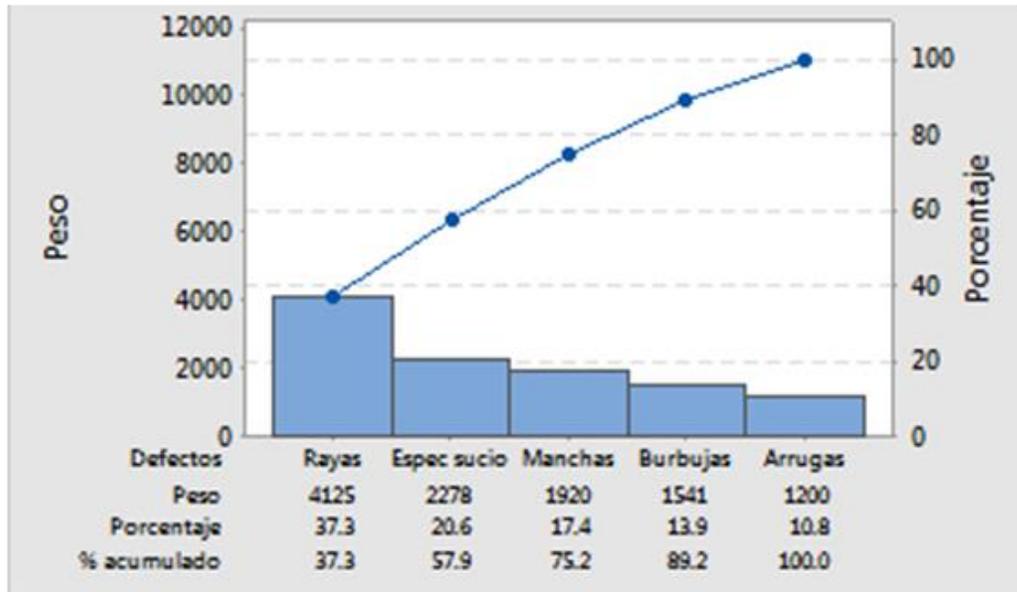
Los pasos para la construcción de un Análisis de Pareto de acuerdo a Pyzdek (2003) son:

1. Determine las clasificaciones (categorías de Pareto) para la gráfica. De no existir la información deseada, obtenerla mediante el diseño de hojas de verificación y hojas de registro.
2. Seleccionar un intervalo de tiempo para el análisis. El intervalo debe ser lo suficientemente largo para ser representativo de rendimiento típico.

3. Determinar las ocurrencias totales (es decir, los costos, los recuentos de defectos, etc.) para cada categoría. También determinar el total general. Si hay varias categorías que representan sólo una pequeña parte del total, agrupe estos en una categoría llamada " Otros ".
4. Calcular el porcentaje de cada categoría dividiendo la categoría total por el gran total y multiplicando por 100.
5. Ordenar por rango las categorías de los más grandes acontecimientos totales a los más pequeños.
6. Calcular el " porcentaje acumulado " añadiendo el porcentaje para cada categoría a la de cualquier categorías anteriores.
7. Construir una gráfica con el eje vertical izquierdo escala de 0 a por lo menos el total general. Ponga una etiqueta adecuada en el eje. Escala el eje vertical derecho de 0 a 100%, con el 100% en el lado derecho de ser la misma altura que el total general en el lado izquierdo.
8. Etiquetar el eje horizontal con los nombres de categoría. La categoría a la izquierda debe ser el más grande, el segundo mayor siguiente, y así sucesivamente.
9. Dibujar en barras que representan la cantidad de cada categoría. La altura de la barra está determinada por el eje vertical izquierdo.
10. Dibujar una línea que muestra la columna de porcentaje acumulado de la tabla de análisis de Pareto. La línea de porcentaje acumulado está determinado por el eje vertical derecho.

En la siguiente figura 2.12 se muestra un ejemplo de un diagrama de Pareto de defectos, el cual en su eje de "X" muestra los tipos de defectos, en el eje de "Y" de la izquierda se muestra la cantidad de defectos, y de lado derecho el porcentaje acumulado respecto al total de defectos.

Figura 2.12: Ejemplo de diagrama de Pareto de Defectos



Fuente: Autor (2015)

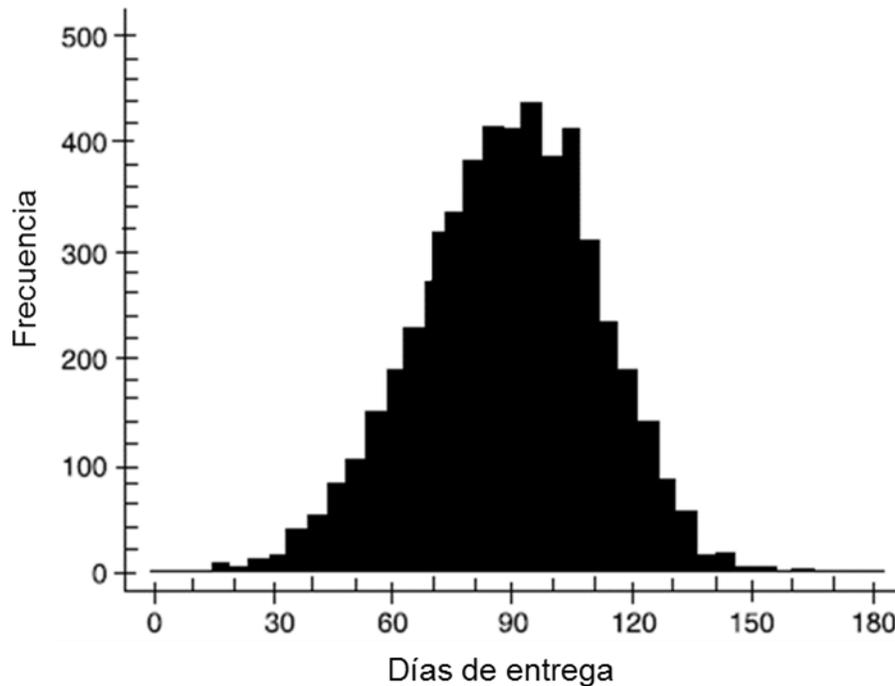
### 2.1.2.8 Histograma

El histograma “es una gráfica de barras vertical de una distribución de frecuencias” (Juran & Gryna, 1995)

El histograma hace resaltar la concentración de datos de una muestra y su variación de forma gráfica. Su sencillez en la construcción e interpretación lo hace una de las herramientas más utilizadas en Seis Sigma tanto en la etapa de Medición como en la de Análisis.

En la siguiente figura 2.13 se muestra un ejemplo de un histograma de tiempo de entrega, en donde en el eje de “X” se grafican los días transcurridos para una entrega, y en el eje de “Y” la frecuencia de los días de entrega.

Figura 2.13: Ejemplo de histograma de tiempos de entrega



Fuente: Autor (2015)

De igual forma el histograma es una excelente herramienta para el análisis de distribuciones de probabilidad de muestras y su inferencia poblacional, muy utilizada en Seis Sigma para el análisis de procesos.

Una distribución de probabilidad “es una fórmula matemática que relaciona los valores de la característica con su probabilidad de ocurrencia en una población” (Juran & Gryna, 1995).

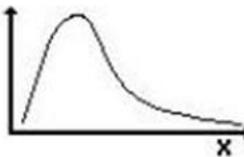
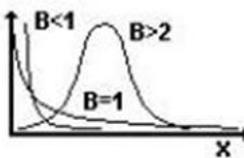
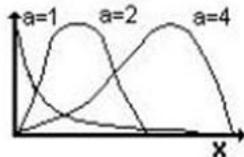
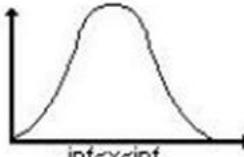
A su vez estas distribuciones de probabilidad se dividen en continuas y discretas. Cuando las características que se están midiendo pueden tomar cualquier valor, su distribución de probabilidad es continua.

Juran (1995) asegura que la mayoría de las características continuas siguen una de varias distribuciones de probabilidad comunes, tal como la distribución normal, exponencial, y de Weibull.

Cuando la característica que se mide puede tomar sólo ciertos valores, su distribución de probabilidad es discreta.

A continuación en la figura 2.14 se muestra una tabla con las principales distribuciones de probabilidad propuestas por Duncan (2000), tales como Exponencial, Lognormal, Weibull, Gamma, y Normal.

Figura 2.14: Tabla de principales distribuciones de probabilidad

DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD	FUNCIÓN DE DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD f(x)	VALOR ESPERADO E(x)
<p><b>Exponencial</b></p> 	$f(x) = \frac{1}{\mu} * e^{-\frac{x}{\mu}}$	$E(x) = \mu$
<p><b>Lognormal</b></p> 	$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{(\ln(x)-\mu)^2}{2\sigma^2}}$	$E(x) = e^{\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right)}$
<p><b>Weibull</b></p> 	$f(x) = \alpha\beta x^{\beta-1} * e^{-\alpha x^\beta}$	$E(x) = \frac{\beta}{\alpha} \Gamma\left(\frac{1}{\alpha}\right)$
<p><b>Gamma</b></p> 	$f(x) = \frac{1}{b^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} * e^{-\frac{x}{b}}$	$E(x) = \frac{\alpha}{\lambda}$
<p><b>Normal</b></p>  <p style="text-align: center;">-inf ≤ x ≤ inf</p>	$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$	$E(x) = \mu$

Fuente: (Duncan, 2000)

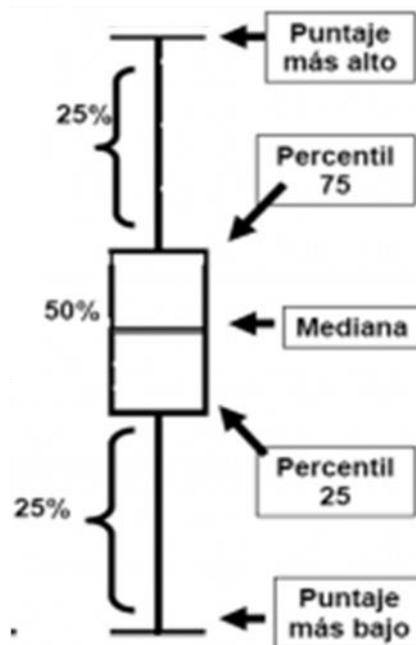
### 2.1.2.9 Diagrama de caja y bigote (Box Plot)

Otra forma sencilla de analizar la distribución de datos es mediante una gráfica de caja y bigote o mejor conocida como gráfica de caja (Box Plot).

La gráfica de caja y bigote “es un resumen gráfico de cinco números de los datos. En la gráfica de caja básica, los cinco valores son la mediana, el valor máximo, el valor mínimo, el primer cuartil y el tercer cuartil” (Juran & Gryna, 1995).

En la siguiente figura 2.15 se muestran los componentes de un gráfico Box Plot o de Caja y Bigote por su traducción, en donde podemos identificar la Mediana y los cuatro percentiles.

Figura 2.15: Ejemplo de diagrama de Caja y Bigote



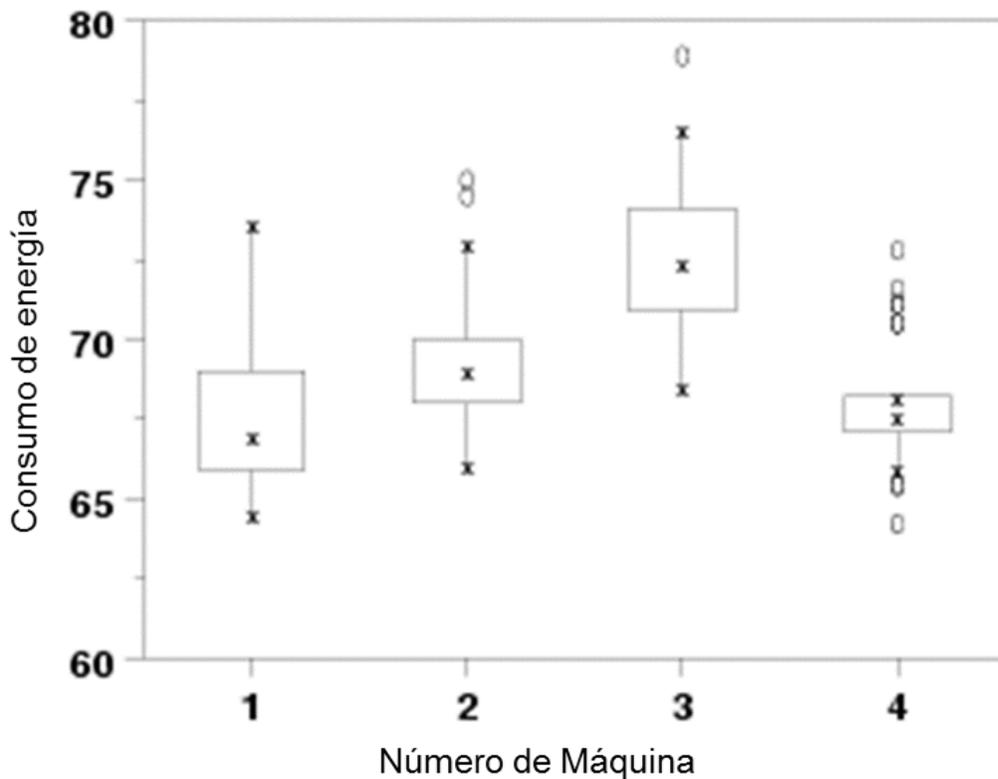
Fuente: Autor (2015)

Los cuartiles o percentiles son los valores debajo de los cuales se encuentran  $\frac{1}{4}$  y  $\frac{3}{4}$  de las observaciones totales.

Este diagrama es muy utilizado en Seis Sigma para la comparación de niveles de un mismo factor, es decir, si se quiere analizar una variable tal como energía, y se supone que la maquinaria (Factor) tiene afectación en ella, y tenemos cuatro maquinarias distintas (niveles). Un diagrama nos ayudará a identificar si existe diferencia significativa entre las maquinarias, como en el gráfico de a continuación.

En la siguiente figura 2.16 se muestra un ejemplo de gráfico de Caja y Bigote de un comparativo de máquinas y su consumo de energía, en donde podemos identificar que la máquina 4 es la de menor consumo y menor variabilidad.

Figura 2.16: Ejemplo de Gráfico de Caja y Bigote



Fuente: Autor (2015)

### **2.1.2.10 Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF)**

Los AMEFs fueron formalmente introducidos a finales de los 40's mediante el estándar militar 1629. Utilizados por la industria aeroespacial en el desarrollo de cohetes, los AMEFs y el todavía más detallado Análisis Crítico del Modo y Efecto de Falla (ACMEF) fueron de mucha ayuda en evitar errores sobre tamaños de muestra pequeños en la costosa tecnología de cohetes.

El principal empuje para la prevención de fallas vino durante los 60's mientras se desarrollaba la tecnología para enviar un hombre a la luna en la misión Apolo. Ford Motor Company motivado por los altos costos de demandas de responsabilidad civil introdujo los AMEFs en la industria automotriz a finales de los 70's del siglo XIX para consideraciones de seguridad y requisitos regulatorios

En 1993 Chrysler, Ford y GM crearon el documento «Potencial Failure Mode And Effects Analysis» que cubría los tipos vigentes de AMEF. El documento formó parte de la norma QS 9000, hoy conocida como ISO TS/16949.

De acuerdo a Escalante (2010), el análisis de modo y efecto de fallas (AMEF/FMEA) es un grupo sistemático de actividades con el propósito de:

- Reconocer y evaluar las fallas potenciales de un producto o proceso, y los efectos de dichas fallas.
- Identificar acciones que podrían eliminar o reducir la posibilidad de que ocurran fallas potenciales.
- Documentar todo el proceso.

Los principales objetivos del AMEF son minimizar la probabilidad de una falla o minimizar el efecto de la misma, se realiza previo a la etapa de finalización del diseño, y/o preventivamente al inicio de la producción; es un

proceso sistémico sin fin, y es una manera de documentar el diseño y el proceso (Escalante Vázquez, 2010).

El AMEF de Diseño evalúa lo que podría resultar mal con el producto durante su uso y durante su manufactura como consecuencia de debilidades del diseño (Escalante Vázquez, 2010).

El AMEF de Proceso se enfoca en las razones de fallas potenciales durante la manufactura, como resultado del incumplimiento del diseño original, o el incumplimiento de las especificaciones del diseño (Escalante Vázquez, 2010).

Los pasos para la construcción de un AMEF de acuerdo a Escalante (2010) son los siguientes:

1. Seleccionar al equipo y realizar lluvia de ideas (equipo formado por personal de diferentes áreas)
2. Elaborar diagrama de bloques (diseño) o diagrama de flujo (proceso).
3. Obtener datos de fallas y llenado de la forma (modo de fallas)
4. Analizar la información. Pueden ser análisis cuantitativos o cualitativos. Se puede usar lluvia de ideas, Ishikawa, SPC, DOE, simulación para obtener información sobre los efectos de las fallas y estimar la severidad, ocurrencia y detección.
5. Recomendar acciones de mejoramiento.
6. Evaluar las acciones (confirmar efectividad de las acciones y recomendar mejoras – llenar las columnas apropiadas: re-calcular RPN).
7. Continuar con las mejoras (documento dinámico).

En la figura 2.17 se muestra la plantilla para la construcción de un Análisis de Modo y Efecto de Fallas propuesto por Vázquez (2010).

Figura 2.17: Ejemplo de plantilla AMEF

Función del Producto/ Paso del proceso	Modos de Falta Potenciales	Efecto (s) Potencial (es) de falla	S e v e r	Causa(s) Potencial(es) o Mecanismos de falla	O c u r	Controles de Diseño o Proceso Actuales	D e t e c	R P N	Acción Sugerida	Responsable y fecha límite de Terminación	Resultados de Acción			
											Acción Adoptada	S e v	O c t	D e t

Fuente: (Escalante Vázquez, 2010)

### 2.1.2.11 Pruebas de Hipótesis

La prueba de hipótesis “es un procedimiento estadístico usado para tomar una decisión, con base en una muestra, en cuanto al valor que puede tener algún parámetro (media, varianza, proporción, diferencia entre medias o proporciones, o cociente entre varianzas), o sobre la distribución que puede tener la población de donde provienen los datos” (Escalante Vázquez, 2010).

Los elementos de una prueba de hipótesis de acuerdo a Escalante (2010) son:

1. Las hipótesis. La que se desea probar ( $H_0$ ) y su complemento ( $H_a$ ).
2. La(s) muestra(s). la información que se obtiene de la población o poblaciones.

3. El estadístico de prueba (EP). Es una variable aleatoria que resume la información de la muestra.
4. La región de rechazo de  $H_0$  (RR $H_0$ ). Es una parte de la distribución de referencia en la cual si EP se encuentra ahí, se rechaza  $H_0$ .
5. La decisión. Decidir si se rechaza o no a  $H_0$ .
6. El nivel de confianza de la prueba ( $1 - \alpha$ ).

Hoy en día existen muchos softwares de análisis estadísticos como soporte para el desarrollo de estas pruebas paramétricas, tal es el caso de Minitab.

Ya que para cada tipo de parámetro a probar se hace una prueba distinta, tales como:

- t de 1 muestra, cuando se quiere probar una media con un objetivo
- t de 2 muestras, cuando se quiere probar dos medias entre sí
- t pareada, cuando se quiere probar dos muestras con un objetivo
- % de defectuosos de 1 muestra, cuando se quiere probar una muestra de defectuosos con un objetivo
- % de defectuosos de 2 muestras, cuando se quiere probar dos muestras de defectuosos entre sí.
- ANOVA de 1 factor, cuando se quieren probar más de dos medias entre sí.
- Chi-cuadrada, cuando se quiere probar más de dos muestras de defectuosos entre sí.

En Seis Sigma las pruebas de hipótesis son utilizadas tanto en la etapa de medición como en la del análisis.

### 2.1.2.12 Regresiones

El análisis de regresiones “es una técnica usada para relacionar a través de un modelo, una o más variables independientes con una variable dependiente (respuesta)” (Escalante Vázquez, 2010).

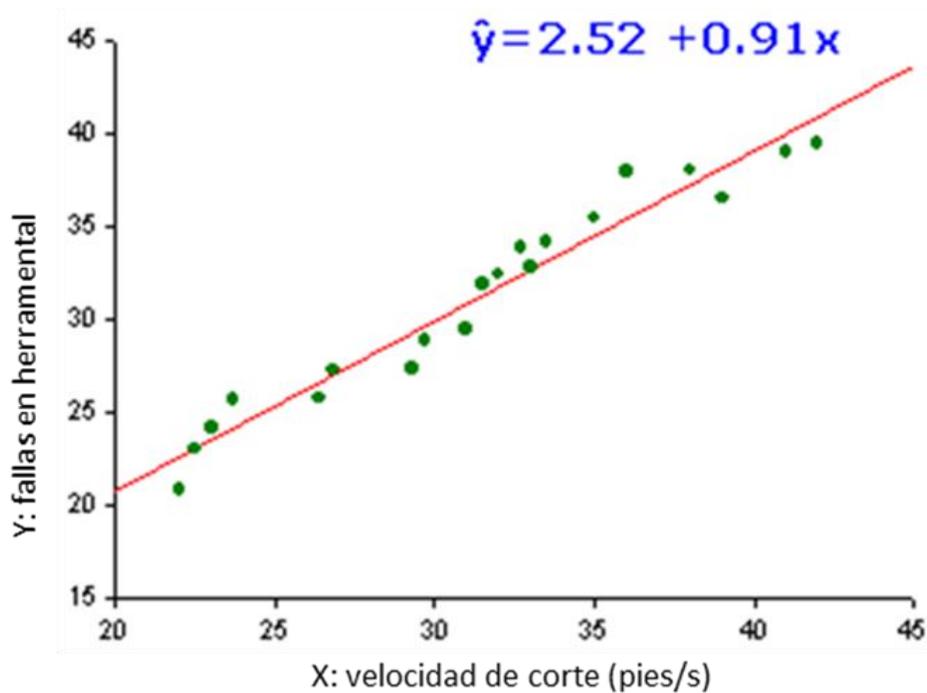
De acuerdo a Juran (2000), el uso del análisis de regresión incluye un pronóstico o predicción, la determinación de las variables importantes que influyen sobre algún resultado y la localización de las condiciones de operación óptimas.

Los pasos propuestos por Juran (2000) para el estudio de regresiones son los siguientes:

1. Definir con claridad los objetivos del estudio. Esto debe incluir una definición de la variable dependiente o de respuesta y de las variables independientes que puedan estar relacionadas con la variable dependiente.
2. Recolectar pares de valores de datos.
3. Preparar diagramas de dispersión.
4. Calcular la ecuación de regresión.
5. Estudiar la ecuación para ver si se ajusta bien a los datos.
6. Proporcionar medidas sobre la precisión de la ecuación.

En la figura 2.18 se muestra el ejemplo de una gráfica de regresión lineal, en donde podemos identificar en el eje de “X” la velocidad en cortes, y en el eje de “Y” las fallas en herramental, así como la recta que y su ecuación que correlaciona ambas variables.

Figura 2.18: Ejemplo de diagrama de regresión lineal



Fuente: (Juran & Gryna, 1995)

El análisis de regresiones es utilizado en Seis Sigma tanto en la etapa de análisis para identificar correlación entre variables, como en la etapa de mejora identificar parámetros y modelos para rediseñar procesos o productos.

### 2.1.2.13 Diseño de Experimentos (DOE)

La experimentación desempeña un papel muy importante en el diseño de nuevos productos, el desarrollo de procesos de manufactura y el mejoramiento de procesos. El objetivo principal es que en la medida de lo posible se desarrollen procesos robustos, es decir, procesos que sean afectados en forma mínima por fuentes de variabilidad externas.

El diseño de Experimentos “es un conjunto de técnicas estadísticas usadas para planear experimentos y analizar sus resultados, de manera ordenada y eficiente” (Escalante Vázquez, 2010).

También Montgomery (2004) lo define como “una prueba o serie de pruebas en las que se hacen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema para observar e identificar las razones de los cambios que pudieran observarse en la respuesta de salida” (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos, 2004).

En otras palabras Pyzdek (2003) lo define como un experimento donde uno o más factores, llamados variables independientes, se cree pudieran tener un efecto en los resultados del experimento, y se identifican y manipulan de acuerdo a un plan predeterminado.

La recolección de los datos para el diseño de experimentos pueden ser analizados estadísticamente para determinar el efecto en las variables independientes, o combinación de más de una variable independiente.

Los pasos según Escalante (2010) para la experimentación son:

1. Definir el problema
2. Seleccionar la variable de respuesta
3. Verificar el estado de las maquinarias en donde se va a experimentar
4. Verificar la capacidad y estabilidad de los instrumentos de medición
5. Seleccionar las variables a experimentar y sus niveles
6. Determinar el tipo de diseño a usar y el número de réplicas
7. Realizar las pruebas aleatoriamente
8. Analizar los resultados
9. Conclusiones (factores que afectan a la media, factores que afectan a la dispersión, y en qué nivel deben estar para centrar el proceso en el objetivo y reducir su variación)

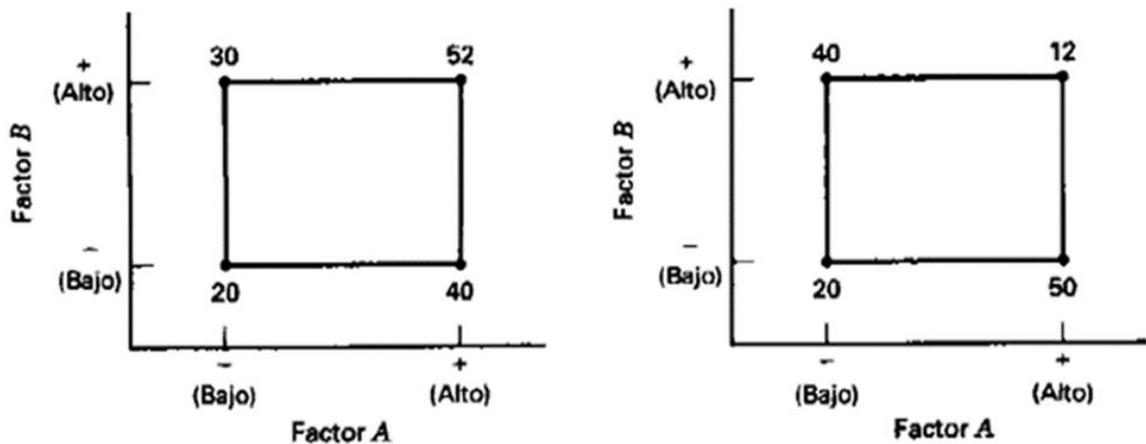
En Seis Sigma se analizan principalmente experimentos en donde interviene el estudio de dos o más factores. Por tanto los diseños factoriales son los más utilizados para este tipo de análisis.

De acuerdo a Montgomery (2004), por diseño factorial se entiende que en cada ensayo o réplica completa del experimento se investigan todas las combinaciones posibles de los niveles de los factores. Es decir, si el factor A tiene a niveles y el factor B tiene b niveles, cada réplica contiene todas las ab combinaciones de los tratamientos. Por lo que cuando los factores están incluidos en un diseño factorial, se dice que están cruzados.

El efecto de un factor se define como “el cambio en la respuesta producido por un cambio en el nivel del factor. Con frecuencia se le llama efecto principal porque se refiere a los factores de interés primario en el experimento” (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos, 2004).

En la siguiente figura 2.19 se muestra un ejemplo de un diseño de experimentos factorial de dos factores “A” y “B” los cuales cuentan a su vez con dos niveles respectivamente “Alto” y “Bajo”.

Figura 2.19: Ejemplo de Diseño de Experimento Factorial



Fuente: (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos, 2004)

### **2.1.2.14 Control Estadístico de Proceso (CEP)**

Para que un producto o servicio cumpla con los requisitos del cliente deberá de realizarse con un proceso que sea estable o repetible, asegura Montgomery (2009), es decir, es necesario que el proceso opere con poca variabilidad en sus resultados.

Sin embargo comenta Montgomery (2009), cualquier proceso, independientemente de lo adecuado que sea su diseño, o de la atención que se le preste a su mantenimiento, siempre existirá cierta cantidad de variabilidad inherente o natural.

Dicha variabilidad es el efecto acumulado de muchas causas pequeñas y en esencia inevitable, a lo que Montgomery (2009) denomina como sistema estable de causas fortuitas. Por lo que se dice que, un proceso que opera únicamente con causas fortuitas de variación está bajo control estadístico, o en otras palabras, las causas fortuitas son una parte inherente del proceso.

Se define como control estadístico de proceso a “la aplicación de los métodos estadísticos a la medición y análisis de la variación en cualquier proceso” (Juran & Gryna, 1995).

Entendiendo como proceso a “una combinación única de máquinas, herramientas, métodos, materiales y personas que logran una producción de bienes, software o servicios” (Juran & Gryna, 1995).

Por su parte Montgomery (2009) menciona que el control estadístico de proceso (SPC, por sus siglas en inglés) es un conjunto poderoso de herramientas para resolver problemas, muy útil para conseguir la estabilidad y mejorar la capacidad del mismo proceso mediante la reducción de la variabilidad.

Sus siete herramientas principales según Montgomery (2009) son:

1. El histograma

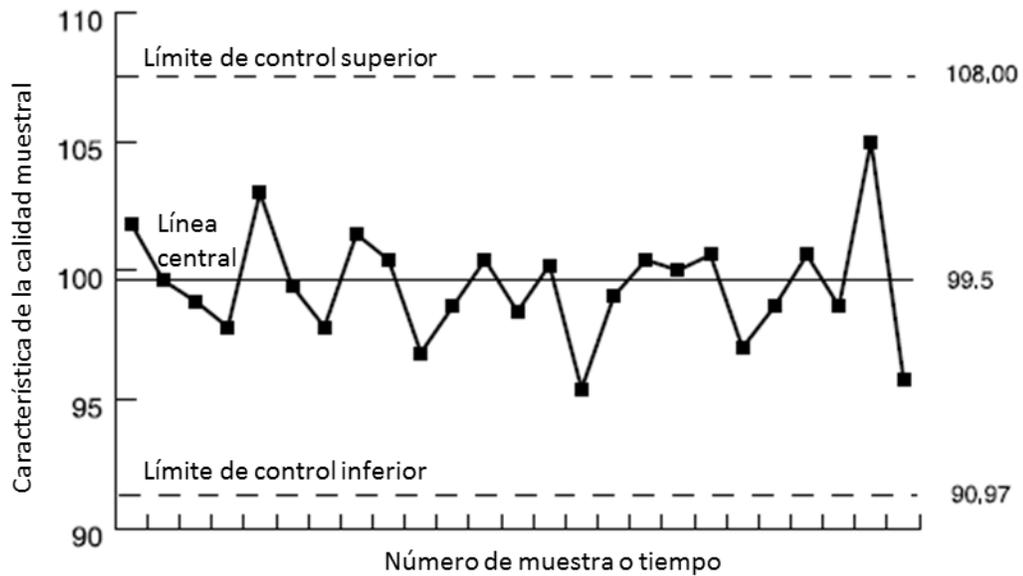
2. La hoja de verificación
3. La gráfica de Pareto
4. El diagrama de causa y efecto
5. El diagrama de concentración de defectos
6. El diagrama de dispersión
7. La carta de control

En Seis Sigma el principal uso del SPC son las cartas o gráficas de control, las cuales fueron desarrolladas en los años de 1920 por el doctor Walter A. Shewhart de Bell Telephone Laboratories. (Montgomery, Control Estadístico de la Calidad, 2009)

Una gráfica de control estadístico “es una comparación gráfica de los datos de desempeño del proceso con los límites de control estadístico calculados, dibujados como rectas limitantes sobre la gráfica. Los datos de desempeño del proceso por lo general consisten en grupos de mediciones (subgrupos racionales) que vienen de la secuencia normal de producción y preservan el orden de los datos” (Juran & Gryna, 1995).

En la siguiente figura 2.20 se muestra un ejemplo de gráfico de control, en donde podemos observar en la parte central del gráfico en línea continua la media de la muestra (99.5), el límite de control superior en la línea punteada de arriba (108), y el límite de control inferior en la línea punteada de abajo (90.97)

Figura 2.20 : Ejemplo de Gráfico de Control



Fuente: (Montgomery, Control Estadístico de la Calidad, 2009)

El objetivo principal de las gráficas de control según Juran (1995) es detectar las causas especiales o atribuibles de la variación de un proceso mediante el análisis de los datos, tanto pasados como futuros, por lo que conocer el significado de las causas especiales es esencial para entender el concepto de la gráfica de control.

### 2.1.3 Niveles de Especialización y Certificación en Seis Sigma

Juran (1995) define cultura de calidad como el patrón de hábitos, creencias y comportamiento humano concernientes a la calidad, y hace una analogía respecto a que la tecnología tiene la cabeza y la cultura el corazón.

Por lo anterior Seis Sigma le da especial atención a la cultura de calidad, ya que tal y como lo menciona Pyzdek (2003), sin un entendimiento y cuidado de los aspectos de la cultura de la calidad, cualquier mejora significativa en los niveles de calidad será nula.

Es por ello que según Pyzdek (2003), Seis Sigma hace una identificación y definición de agentes de cambio en la organización mediante una estructura organizacional con roles definidos que genere una cultura de calidad propicia para la mejora.

En la siguiente figura 2.21 se muestran los distintos actores y roles en la metodología Seis Sigma, en donde se identifica el Líder del proyecto, responsables de procesos, maestro cinta negra, cintas negras, y cintas verdes.

Figura 2.21 : Actores en Seis Sigma



Fuente: (PYZDEK, 2003)

A continuación se hace una definición de las funciones y responsabilidades de cada uno de los roles identificados en un programa de Seis Sigma de acuerdo a Pyzdek (2003).

#### Gerencia (Leadership)

Seis Sigma involucra cambios en la mayoría de los flujos de valor a través de las distintas barreras de la organización. Este rol es el responsable de

proporcionar las métricas y los indicadores estratégicos del negocio que deberán de ser mejorados. Estos esfuerzos no podrán ser liderados por nadie más que el CEO o Director General, quien es el responsable de del desempeño de la organización como un todo. Seis sigma, como la mayoría de las estrategias organizacionales, deberá de implementarse de arriba hacia abajo. La principal causa de falla en la implementación de Seis Sigma asegura Pyzdek (2003) es la falta de liderazgo.

#### Jefaturas o Responsables de Procesos (Champions and Sponsors)

Los Champions en Seis Sigma son las personas de más alto nivel en la organización que entienden y están involucrados en la metodología. En organizaciones de gran tamaño, Seis Sigma es liderado por un Champion de tiempo completo ya sea a nivel Gerencia o Dirección.

En todas las organizaciones la responsabilidad del Champion es el uso de la metodología Seis Sigma en el trabajo diario y la comunicación a todos los demás niveles de la importancia y pertinencia de aplicar la metodología. De igual forma ya que son ellos los dueños de los procesos y sistemas, son los principales responsables de coordinar las iniciativas de actividades de mejora de Seis Sigma en sus áreas de responsabilidad.

#### Cinta Negra (Black Belt)

Son los principales involucrados en los procesos de mejora y cambio de la organización, sin bien los candidatos a estos puestos no necesariamente deberán de tener una formación académica con bases matemáticas y estadísticas, deberán de estar en un programa de entrenamiento ya sea interno o externo, especializado en análisis y métodos cuantitativos, ya que serán ellos los responsables del desarrollo de proyectos Seis Sigma.

Como parte de su entrenamiento, un Black Belt deberá de contar con al menos 160 horas clase de entrenamiento, y de preferencia mediante el desarrollo de un proyecto asesorado por un Master Black Belt o consultor externo.

El éxito del Black Belt mucho dependerá del uso y dominio de tecnologías de información tales como sistemas operativos, bases de datos, ERP's, Data Warehouse, CRM's, hojas de cálculo avanzadas, softwares de análisis estadísticos y simuladores de procesos.

Una de las principales actividades del Black Belt en Six Sigma es la extracción y generación de conocimiento e información de la organización, para lo cual es importante que estas actividades estén integradas en un sistema de información para su fácil acceso, análisis, extracción y explosión.

Obviamente, las competencias y entrenamiento de los Black Belts deberán de estar soportados por una inversión en software y hardware. Ya que no tendría ningún sentido desperdiciar o frustrar a estos expertos por ahorrarse unos pesos en computadoras o software.

#### Cinta Verde (Gree Belt)

Los Green Belts son los líderes de proyectos Six Sigma, capaces de formar y gestionar equipos de proyectos de mejora desde su concepción hasta su finalización. La formación de un Green Belt consiste en cinco días de entrenamiento formal con el desarrollo de un proyecto Seis Sigma. El entrenamiento incluye gestión de proyectos, herramientas de gestión de calidad, herramientas de control de calidad, solución de problemas, y análisis de datos descriptivos.

Los Champions deberán de tomar la capacitación Green Belt, ya que de lo contrario les será imposible hablar el mismo idioma y difícilmente podrán apoyar a los Green Belts en los proyectos de mejora de sus áreas.

Usualmente los Black Belts ayudan a los Green Belts a definir las prioridades de entrenamiento de sus proyectos, participan en su entrenamiento, y los asisten en el desarrollo de sus proyectos posterior al entrenamiento.

### Maestro Cinta Negra (Master Black Belt)

Este es el más alto nivel en competencia técnica y organizacional. El Master Black Belt provee el liderazgo técnico en el programa Seis Sigma de la organización. Por tanto debe de dominar todos los conocimientos de un Black Belt, así como competencias adicionales vitales para el diseño e implementación del programa Seis Sigma. Estas competencias adicionales deberán ser un entendimiento profundo de las teorías matemáticas sobre las que se basan los métodos estadísticos.

Algunas otras competencias del Master Black Belt podrían ser gestión de proyectos, habilidades de coach para ayudar a Black Belts, habilidades de enseñanza, y programas organizacionales a nivel empresarial. Una de sus principales responsabilidades deberá ser el asistir y asesorar a los Black Belts en la aplicación correcta de los métodos en situaciones inusuales, especialmente en métodos estadísticos avanzados.

En la medida de lo posible la formación en estadística deberá ser conducida por un Master Black Belt calificado o un consultor con las habilidades equivalentes. Cuando sea necesario la impartición de capacitación por parte de un Black Belt, ésta deberá de ser guiada por un Master Black Belt.

Con el tiempo el proceso de formación tanto de Black Belt como de Green Belts se ha ido estandarizando y perfeccionando, y una de los organismos pioneros ha sido la Sociedad Americana de la Calidad (ASQ, por sus siglas en inglés).

La ASQ “es la comunidad de expertos en calidad más grande del mundo. Creada hace más de 60 años, ASQ es líder en capacitación, certificación individual y herramientas referentes a calidad para todo tipo de industrias gracias al trabajo y apoyo de sus más de 100,000 socios” (ASQ, 2015).

La ASQ “es una sociedad para todos aquellos que estén interesados en aprender y en utilizar herramientas y conceptos de calidad. Desde lo más básico hasta desarrollo de temas especializados, ASQ es el lugar donde expertos en todo el mundo se unen para compartir sus experiencias y conocimientos y ayudarte a mejorar constantemente.” (ASQ, 2015).

La ASQ provee tanto de un marco de referencia para la formación de Black Belts y Green Belts en su Body of Knowledge, como el entrenamiento y certificación para cada uno de estos niveles. A continuación se describen las certificaciones de profesionales en Seis Sigma ofrecidas por la ASQ.

Certificación	Descripción	Educación/Experiencia
Seis Sigma Black Belt	Entiende filosofías y principios de Six Sigma, incluidos los sistemas de apoyo y herramientas. Demuestra liderazgo de equipos y comprende todos los aspectos del modelo DMAIC de conformidad con los principios de Seis Sigma.	Dos proyectos terminados con declaraciones juradas firmadas, o un proyecto terminado con declaración jurada firmada y tres años de experiencia laboral en una o más áreas del Body of Knowledge Six Sigma Cinturon Negro. Usted no necesita estar certificado como Six Sigma Green Belt, puede aplicar de forma directa.
Seis Sigma Green Belt	Soporta un Cinturón Negro Six Sigma mediante el	Tres años de experiencia laboral en una o más áreas del

	análisis y la solución de los problemas de calidad y participa en proyectos de mejora de calidad.	Body of Knowledge Six Sigma Green Belt. Esta certificación no es un requisito para Six Sigma Cinturón Negro de Certificación.
Seis Sigma Yellow Belt	La Certificación Six Sigma Yellow Belt está dirigida a los nuevos en el mundo de Seis Sigma que tienen un pequeño papel, el interés o la necesidad de desarrollar el conocimiento fundacional. Los cinturones amarillos pueden ser empleados de nivel de entrada que buscan mejorar sus campeones del mundo o ejecutivas que requieren una visión general de Six Sigma y DMAIC.	Un año de experiencia laboral en una o más áreas del Six Sigma Yellow Belt Body of Knowledge. Esta certificación no es un requisito para Six Sigma Verde o Cinturón Negro de Certificación.

Fuente: (ASQ, 2015)

A continuación se describen los requisitos y expectativas mínimas requeridas para el examen de conocimientos de certificación para cada cinturón en Seis Sigma de acuerdo a la ASQ (2015).

Expectativas mínimas para un Black Belt Seis Sigma.

- Deberá ser capaz de explicar los principios de la filosofía Seis Sigma, incluidos los sistemas y herramientas (Lean, calidad, procesos de

- mejora continua, etc.) y su relación, y será capaz de describir su impacto en los diversos procesos de negocio en toda la organización.
- Deberá comprender los distintos roles y liderazgos en Seis Sigma. Reconocerá las barreras organizacionales y será capaz de utilizar las técnicas de gestión del cambio organizacional adecuadas.
  - Deberá ser capaz de realizar análisis Benchmark y comprenderá diversas medidas de desempeño financieras del negocio. Será capaz de identificar las necesidades del cliente y describir el impacto que los proyectos seis sigma pueden tener sobre los distintos tipos de clientes.
  - Deberá de tener una comprensión fundamental de los componentes y las técnicas utilizadas en la gestión de equipos, incluyendo la gestión del tiempo, planificación y herramientas para la toma de decisiones, y la evaluación del desempeño y la recompensa. Deberá de saber utilizar las técnicas adecuadas para superar diversos retos de la dinámica de grupos.
  - Deberá comprender los elementos de una carta de proyecto (declaración del problema, alcance, objetivos, etc.) y poder utilizar diversas herramientas para realizar un seguimiento del progreso del proyecto.
  - Deberá ser capaz de utilizar la retroalimentación del cliente para determinar las necesidades del cliente.
  - Deberá tener un conocimiento básico de las técnicas de recolección de datos, elementos y herramientas de análisis de proceso.
  - Deberá tener un conocimiento básico de los sistemas de medición.
  - Deberá tener una comprensión básica de los conceptos de probabilidad y distribuciones.
  - Deberá ser capaz de realizar cálculos estadísticos y de capacidad de proceso.
  - Deberá ser capaz de analizar los resultados de la correlación y regresión. Además de ser capaz de interpretar los resultados del

estudio multi-vari e interpretar los datos de atributos para encontrar fuentes de variación.

- Deberá ser capaz de definir herramientas multivariantes.
- Deberá de ser capaz de realizar pruebas de hipótesis y analizar sus resultados.
- Deberá comprender los elementos y efectos de “FMEA” o análisis de modo y efecto de fallas, y ser capaz de utilizar las herramientas de análisis de causa raíz.
- Deberá ser capaz de identificar e interpretar los 7 desperdicios clásicos.
- Deberá de ser capaz de utilizar herramientas de análisis de brecha.
- Deberá de ser capaz de planificar el diseño de experimentos (DOE) y ser capaz de analizar sus resultados.
- Deberá de ser capaz de utilizar varias herramientas para eliminar los desperdicios y reducir los tiempos de ciclo.
- Deberá de ser capaz de definir kaizen, bombardeo kaizen, y la teoría de restricciones.
- Deberá tener una comprensión fundamental de cómo implementar un proceso mejorado y cómo analizar e interpretar los estudios de riesgo.
- Deberá de ser capaz de implementar el control estadístico de procesos (SPC).
- Deberá comprender el mantenimiento productivo total (TPM) y los conceptos de fábrica visual.
- Deberá de ser capaz de desarrollar planes de control y el uso de varias herramientas para mantener y sostener las mejoras.
- Deberá comprender metodologías comunes DFSS y DFX, diseño y procesos robustos y técnicas para el diseño estratégico y táctico.

Expectativas mínimas para un Green Belt Seis Sigma.

- Deberá operar en apoyo de o bajo la supervisión de un Cinturón Negro Seis Sigma.
- Deberá de ser capaz de analizar y resolver problemas de calidad
- Deberá de participar en proyectos de mejora de calidad
- Deberá de llevar haber participado en al menos un proyecto, más no haberlo liderado.
- Deberá de tener al menos 3 años de experiencia laboral
- Deberá de tener la capacidad de demostrar conocimiento de las herramientas y procesos Seis Sigma.

## **2.2 Estado del Arte**

Como segunda parte de este marco teórico se presentan investigaciones previas sobre el tema de Lean y Seis Sigma consideradas como pertinentes y de importancia para aporte a la presente investigación.

El tema de Lean y Seis Sigma se ha estudiado desde diferentes perspectivas tales como su aplicación y efectividad en distintas industrias; en distintos procesos, productos y servicios; en distintos tamaños de organizaciones; y en distintos países.

A continuación se citarán algunas de las investigaciones más representativas y de mayor aporte a esta investigación como parte de la construcción de su marco teórico.

### **2.2.1 Seis Sigma en procesos Universitarios**

Una de las investigaciones realizadas por Velázquez (2014) habla sobre una propuesta para la aplicación de la metodología Seis Sigma en los procesos de la universidad estatal de Sonora, partiendo de la problemática de que las instituciones de educación superior pública se encuentran afectadas por los

factores sociales y económicos que vive en la actualidad México, aunado a que el presupuesto asignado por entes gubernamentales se encuentra reducido tanto en los subsidios ordinarios como los extraordinarios.

Por lo que expone Velázquez (2014) que la Universidad Estatal de Sonora preocupada ante esta situación, retoma las acciones realizadas en el Sistema de Gestión de la Calidad para fortalecer el requisito de Medición, Análisis y Mejora con proyectos de Seis Sigmas que pueda mejorar el ejercicio y aprovechamiento presupuestal en las actividades académicas y administrativas hacia los estudiantes. Desde su óptica, la metodología seis sigmas tiene como objetivo determinar las causas raíz de los problemas por medio de acciones factibles y viables, considerada una técnica bondadosa para las empresas que requieren potencializar la utilización de los recursos (Velázquez, 2014).

Como resultado de su investigación Velázquez (2014) concluye que con la aplicación de Seis Sigma en la Universidad se encaminó el sistema de gestión hacia mejoras que representaron grandes ahorros de costos, así como oportunidades para retener a los estudiantes, mejorar la cobertura y atención a los mismos, y construir una universidad con excelente nivel académico.

Por otra parte, otro impacto que nos brinda la aplicación de seis sigma en la Universidad Estatal a fortalecer la intención de la norma ISO 9001:2008 en materia de planificación para implementar los procesos de seguimiento, medición, análisis y mejora necesarios que demuestren la conformidad con los requisitos del estudiante, asegurarse de la conformidad del sistema de gestión de la calidad, y a mejorar continuamente la eficacia del sistema de gestión de la calidad (Velázquez, 2014).

Por otro lado, Velázquez (2014) asegura que estas buenas prácticas administrativas contribuyeron al eje de la gestión educativa de calidad del programa de desarrollo institucional de la Universidad Estatal de Sonora, su intención fue lograr sistemas de planeación y programación estrictamente centrados en la mejora y aseguramiento de la calidad, lo que les permitió

fortalecer los planes institucionales de acreditación de los programas que integran la oferta educativa.

Por último, la implementación de la metodología Seis Sigma, asegura Velázquez (2014), contribuyó al cumplimiento de la normatividad de racionalidad y austeridad que marca el Gobierno del Estado de Sonora y el Gobierno Federal.

### 2.2.2 Seis Sigma en procesos Gubernamentales

Una de las investigaciones realizada por los hermanos Manosalvas (2012), demuestra que la aplicación de Six Sigma no se limita a procesos de manufactura como lo fueron en sus orígenes, ya que ellos realizaron un estudio de la aplicación de Six Sigma para mejorar la eficiencia del proceso de adquisiciones en instituciones públicas. Su estudio tuvo como objetivo la aplicación de la metodología Six Sigma al proceso de Adquisiciones en Instituciones Públicas, buscando principalmente tener procesos más eficientes disminuyendo el gran número de quejas de los clientes acerca de su funcionamiento, reduciendo la gran variabilidad que presentan en su ejecución (Manosalvas V. & Manosalvas V., 2012).

Los resultados del estudio a partir de las conclusiones de los hermanos Manosalvas (2012) fueron que a partir del análisis estadístico y matemático realizado al proceso de adquisiciones, se pudo determinar las principales falencias que presentaba el mismo, especialmente en lo que se refiere al tiempo de duración que llevaba ejecutar las diferentes actividades del proceso.

Por esta razón, con la ayuda de algunas herramientas propias del Six Sigma, aseguran los hermanos Manosalvas (2012), fue posible proponer alternativas de solución que ayudarán a mejorar al proceso de compra y con ello satisfacer a usuarios internos y externos del mismo (Manosalvas V. & Manosalvas V., 2012).

Los hermanos Manosalvas (2012) concluyen que los resultados expuestos en su trabajo, pueden ser ampliados para desarrollar proyectos de mejora en otros procesos de la Organización, pues se pudo demostrar que es posible medir aspectos como la variación y capacidad del proceso y desarrollar análisis estadísticos que permitan determinar estadística y matemáticamente las causas raíz de un problema particular para aplicar las mejoras sobre éstas; todo esto, indiferente al hecho de que los procesos produzcan bienes y/o servicios (Manosalvas V. & Manosalvas V., 2012).

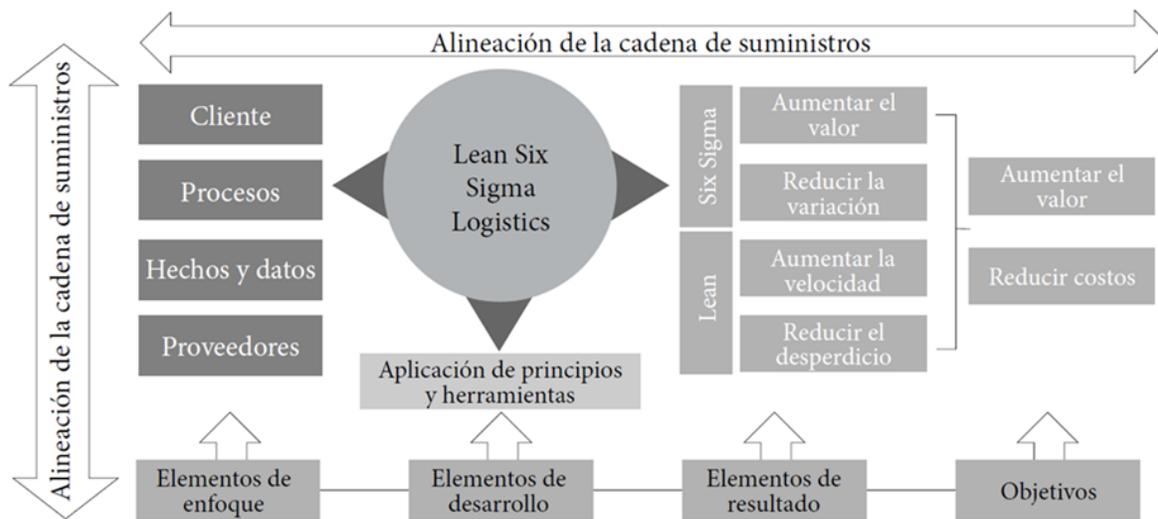
### 2.2.3 Lean Six Sigma en procesos Logísticos

Un estudio realizado por Mantilla y Sánchez (2012) propone un modelo tecnológico para el desarrollo de proyectos logísticos usando Lean Six Sigma, cuyo propósito, aseguran los autores, es el de orientar a las empresas en el mejoramiento de su desempeño logístico, analizado desde la perspectiva de incremento del nivel de servicio y reducción de costos.

El estudio utilizó conceptos de cadena de suministros, logística, manufactura esbelta, seis sigma y lean six sigma. La metodología propuesta para el desarrollo del modelo fue la DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), soportada en diversas herramientas seleccionadas para cada fase de la misma, y que conducen a la eliminación del desperdicio en flujos y operaciones, reducción del tiempo de entrega, reducción de la variación en los procesos y el aumento de valor (Mantilla Celis & Sánchez García, 2012).

Su estudio concluyo con el modelo de la figura 2.22 denominado “Modelo Lean Six Sigma Logistics”

Figura 2.22 : Modelo Lean Seis Six Sigma Logistics



(Mantilla Celis & Sánchez García, 2012)

En su trabajo los autores describen que para el logro de los objetivos del modelo LSSL se realizó una revisión bibliográfica cuyos principales aportes están reflejados en el diseño conceptual y metodológico del modelo.

De los objetivos seis sigma que se concluyen principales y se consideran alcanzables a través de la implementación modelo, concluyen Mantilla y Sánchez (2012), están la reducción de la variabilidad y los defectos para agregar mayor valor. De los objetivos del pensamiento esbelto que se encuentran relevantes y posibles de lograr están el incremento de la velocidad de flujo y la eliminación del desperdicio.

De acuerdo a la bibliografía investigada, refieren Mantilla y Sánchez (2012), es novedoso su modelo propuesto, ya que es explícito en su metodología y está apoyado conceptualmente por los elementos de enfoque, desarrollo, resultado y la estrategia, con el fin de superar algunas limitaciones de la manufactura esbelta y seis sigma.

Mantilla y Sánchez (2012) concluyen que la estrategia orienta a la alineación de la cadena de suministros; los elementos de enfoque sugieren la atención permanente en el cliente, los proveedores, el proceso y los hechos y

datos; los elementos de desarrollo se fundamentan en aplicación de la metodología DMAIC y las herramientas sugeridas, y los elementos de resultado son los resultados que se consideran posibles al aplicarse la metodología adecuadamente.

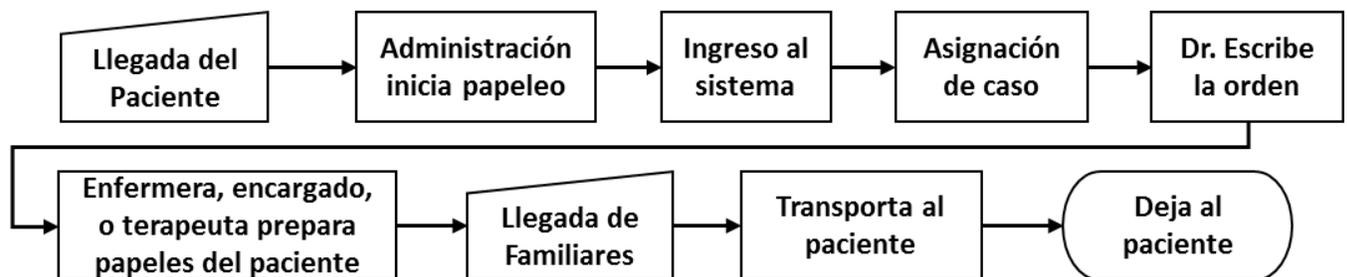
#### 2.2.4 Six Sigma en procesos Hospitalarios

El estudio realizado por Allen, Tseng, Swanson, y McClay (2010) describe la aplicación de las fases de Six Sigma definir, medir, analizar, mejorar, y el enfoque de control (DMAIC) para agilizar el alta de pacientes en un hospital de la comunidad.

En el estudio los autores refieren la aplicación de herramientas Six Sigma tales como el control de estadístico de procesos (SPC), mapas de procesos, gráficos de Pareto, y matrices de causa y efecto para tomar decisiones.

Descripción general del proceso de alta del paciente en la figura 2.23

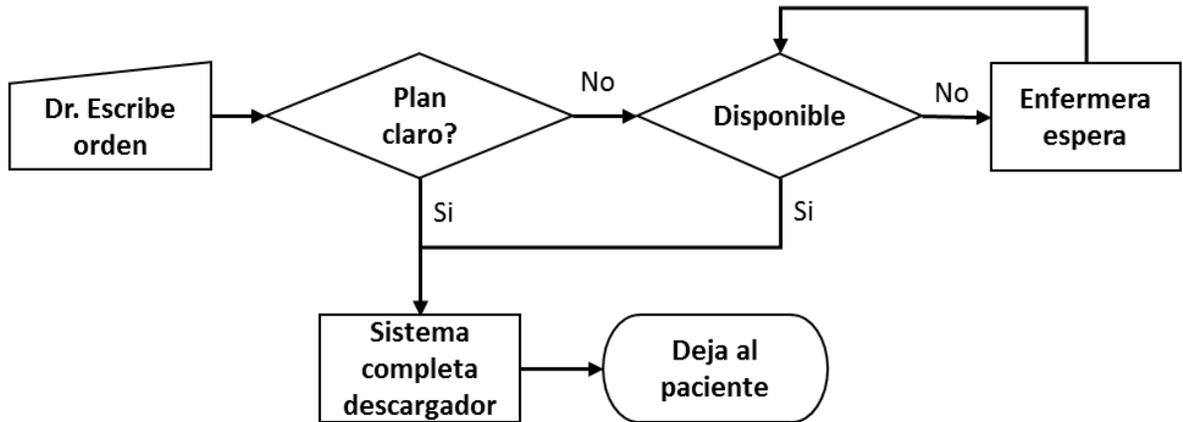
Figura 2.23 : Proceso de Alta de paciente



Fuente: (Allen, Tseng, Swanson, & McClay, 2010)

Descripción de la versión simplificada del proceso de alta del paciente en la figura 2.24

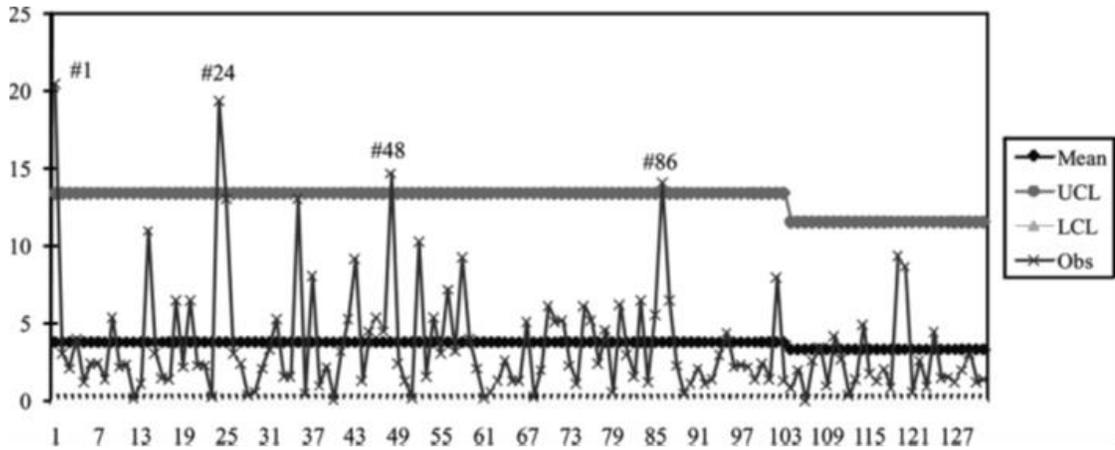
Figura 2.24 : Versión simplificada del Proceso de Alta de paciente



Fuente: (Allen, Tseng, Swanson, & McClay, 2010)

Gráfica de control de los tiempos de alta de pacientes en la figura 2.25

Figura 2.25 : Gráfica de tiempos de Altas



(Allen, Tseng, Swanson, & McClay, 2010)

La conclusión del estudio fue una reducción significativa en el tiempo medio de alta de pacientes de 3.3 hrs a 2.8 hrs, dada por la variable de preparación del médico para el registro escrito de forma manual en el alta del paciente, esto

validado con análisis de prueba de hipótesis no paramétrica Mann-Whitney, ya que se pudo demostrar que los tiempos no se distribuyen de forma Normal (Allen, Tseng, Swanson, & McClay, 2010).

En el estudio comentan los autores Allen, Tseng, Swanson, y McClay (2010), los médicos y las enfermeras fueron en general positivos sobre la investigación, en especial por el interés de reducir la llamadas de las enfermeras a los médicos para aclarar información del alta del paciente.

A decir de Allen, Tseng, Swanson, y McClay (2010), el hospital había tratado varios años de mejorar el proceso de alta de pacientes con la utilización de diversas prácticas y metodologías recomendadas sin obtener diferencias significativas. El éxito del proyecto, concluyen los autores, se debe principalmente al enfoque de análisis de datos de Seis Sigma. Su estudio deja como aporte adicional un modelo de análisis de datos reusable para otros procesos del hospital o incluso otros hospitales (Allen, Tseng, Swanson, & McClay, 2010).

#### 2.2.5 Lean Six Sigma en procesos de Manufactura

Un estudio realizado en la India por Raju, Nithyanandam, & Srinivasan (2014) centrado en el proceso de manufactura de uno de los componentes líderes en ese país como lo son los “engranes de dirección” para la industria automotriz, demuestra la reducción de defectos mediante el uso de la metodología Six Sigma.

El estudio, comentan los autores, fue guiado por la metodología DMAIC de Six Sigma y se enfocó en investigar los defectos presentados en estos productos a lo largo de su proceso de manufactura, así como las causas que los generan. De igual forma el estudio explora la forma en que los procesos de manufactura pueden usar de manera sistemática metodologías de clase mundial como es Six Sigma (Raju, Nithyanandam, & Srinivasan, 2014).

Tras la implementación de las estrategias de mejora de la fase de mejora, los defectos fueron drásticamente reducidos de 11380 PPM a 489 PPM, o

expresado en niveles sigma de 3.86 a 4.2. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Línea base del proyecto:		Objetivo del Proyecto:		Proyecto Actual:	
DPMO	11380	DPMO	100	DPMO	489
Nivel Sigma	3.86	Nivel Sigma	5.2	Nivel Sigma	4.2
Métrica	Calidad, Costo, Tiempo	Métrica	Calidad, Costo, Tiempo	Métrica	Calidad, Costo, Tiempo

Fuente: (Raju, Nithyanandam, & Srinivasan, 2014)

Las conclusiones de Raju, Nithyanandam, & Srinivasan (2014) fueron que Seis Sigma es un marco de trabajo sistemático de mejora de calidad y excelencia de negocios, y lograron demostrar que gracias su utilización por medio de la metodología DMAIC, se generaron mejoras drásticas en la organización.

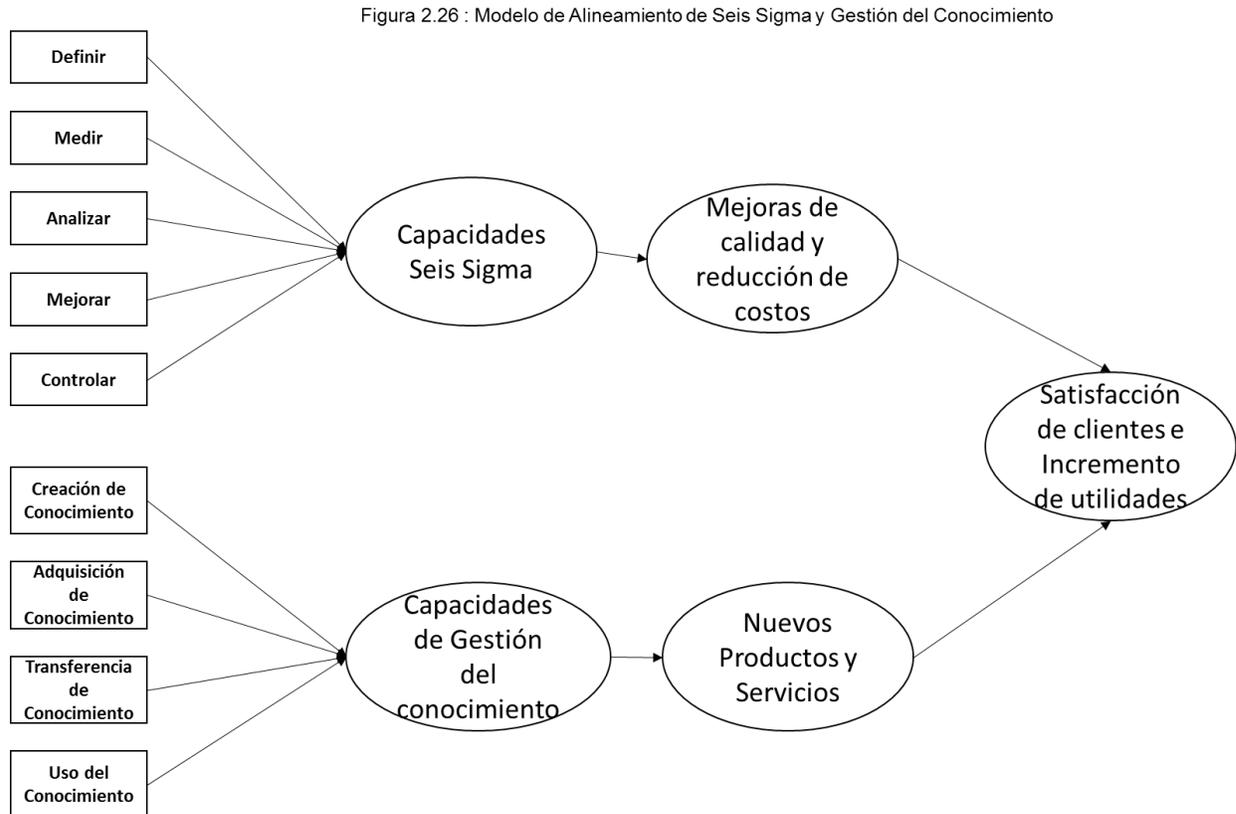
#### 2.2.6 Seis Sigma en procesos Bancarios

En China como en muchos otros países incluido México, la banca de consumo ha tenido una creciente demanda lo que ha generado una fuerte competencia entre bancos teniendo como principal variable de lealtad y preferencia el servicio al cliente. En este sentido se realizó un trabajo de investigación por parte de Wang (2011), el cual busca responder la pregunta si es que Seis Sigma podría ser la solución para una diferenciación en la industria bancaria en China.

Sin embargo a decir de Wang (2011) la simple aplicación de Seis Sigma podría no ser un factor determinante para la diferenciación, por lo cual su estudio se basa en análisis de los efectos lucrativos del uso de la gestión del conocimiento

y un análisis crítico de la repercusión de Seis Sigma en el rendimiento de la banca y del servicio al cliente (Wang, 2011).

Modelo de alineamiento de Seis Sigma y Gestión del Conocimiento en la figura 2.26



Fuente: (Wang, 2011)

El estudio de Wang (2011) concluye que los métodos, herramientas y técnicas de la estrategia Seis Sigma tienen mayor impacto en la mejora de la calidad y el rendimiento en otras industrias.

Aún y cuando la experiencia de Six Sigma en el sector bancario es relativamente nueva, su impacto sobre el desempeño bancario es significativo. A decir de Wang (2011), muchos bancos han alcanzado grandes metas de rendimiento después de la implementación de Six Sigma (Wang, 2011).

El estudio también examinó la aplicación de Six Sigma en el sector bancario y discutió varios factores que afectan a la implementación exitosa de Six Sigma en la industria bancaria. El estudio concluye que el modelo DMAIC se utiliza muy bien en el sector bancario para la mejora de la calidad. Sin embargo, la alineación del modelo DMAIC con la gestión del conocimiento puede producir mejores resultados en la industria bancaria. La aplicación de la gestión del conocimiento, junto con herramientas de Seis Sigma juega un papel importante en la mejora de la calidad de las operaciones en los bancos (Wang, 2011).

#### 2.2.7 Modelo de Madurez integrando “CMMI” y Seis Sigma

Por último se presenta un estudio de una propuesta de Lin, Li y Kiang (2009) de un Modelo de integración de CMMI y Seis Sigma como marco de trabajo para la mejora continua en la industria automotriz.

La problemática del estudio plantea que durante los últimos años, las principales fuerzas impulsoras de la preferencia del cliente, han sido la seguridad de los vehículos, la protección del medio ambiente, y la demanda plana para los vehículos nuevos que han llevado a una proliferación de modelos de automóviles y la reducción de precio asociado en la cadena de suministro de automóviles. Para reaccionar ante el entorno complejo y competitivo, los proveedores de automóviles requieren de manera urgente llevar a cabo la mejora continua (CI) de una manera efectiva y sistemática (Lin, Li, & Kiang, 2009).

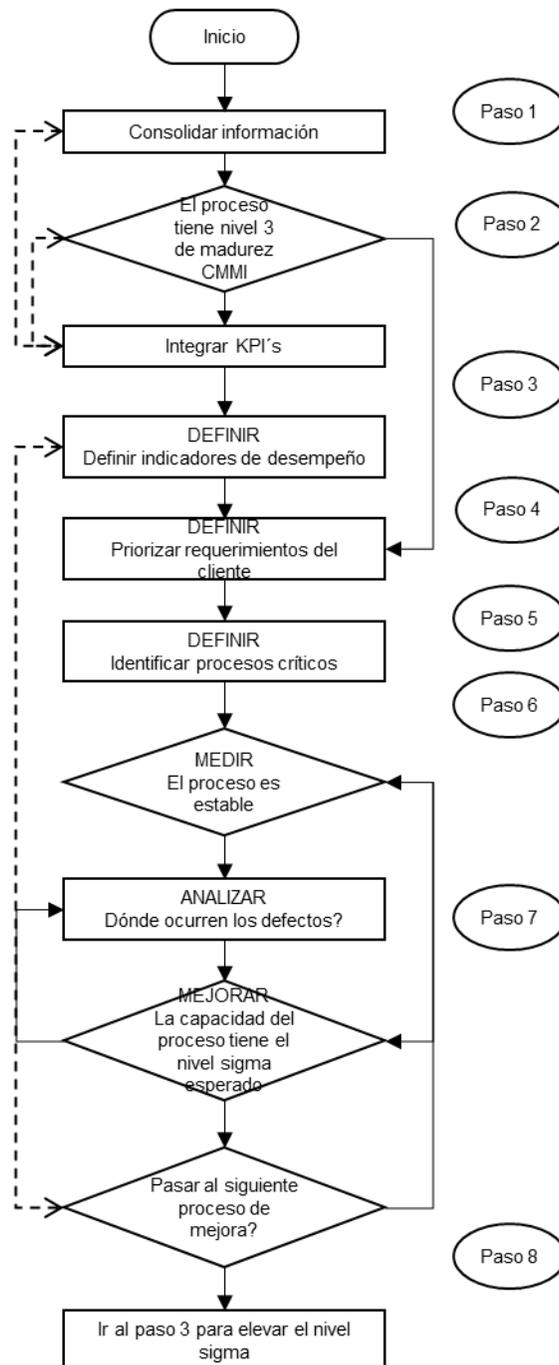
El estudio de Lin, Li y Kiang (2009) presenta un marco de trabajo de mejora continua como un modelo de Desarrollo Integral, que integra tanto un modelo de madurez como el enfoque de Seis Sigma. Con dicho marco de trabajo un fabricante de automóviles podría establecer un sistema de gestión basado en procesos sólidos, identificando sus procesos críticos y su optimización.

Para demostrar la aplicación y eficacia de este marco de trabajo, sus autores Lin, Li y Kiang (2009) presentan un caso de estudio en el cual muestran

los objetivos de rendimiento esperados de todos los procesos de una organización, esperando una mejora drástica de más de un 70% con respecto sus registros anteriores.

Modelo integrador de marco de trabajo CMMI y Seis Sigma en la figura 2.27

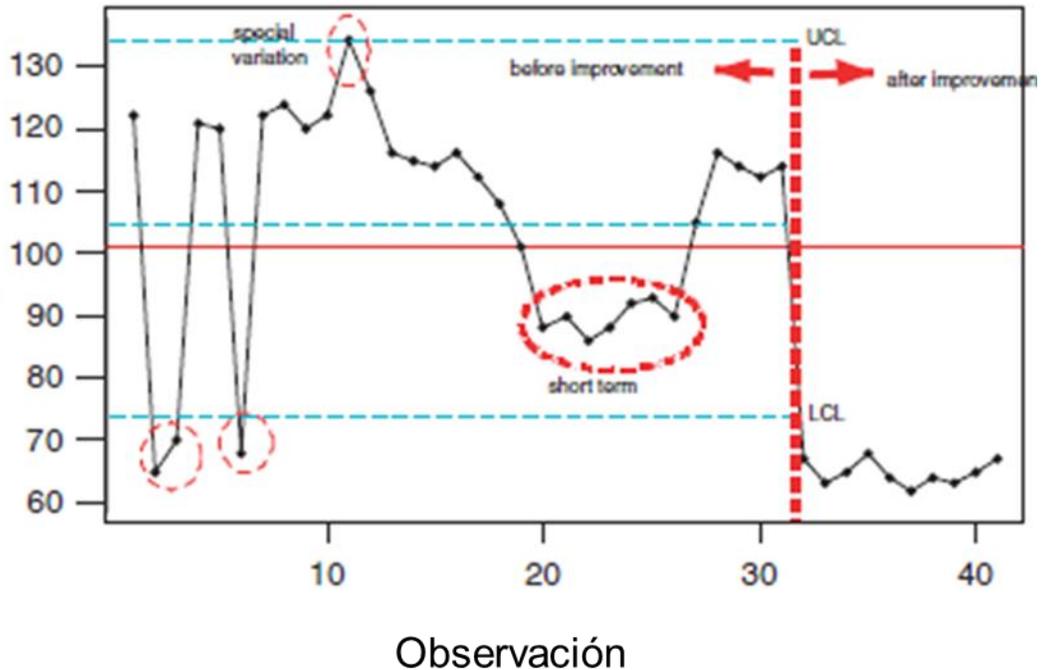
Figura 2.27 : Modelo integrador de modelo CMMI y Seis Sigma



Fuente: (Lin, Li, & Kiang, 2009)

Figura 2.28 con el gráfico de control del antes y después de las mejoras

Figura 2.28 :Gráfica de control de mejoras



(Lin, Li, & Kiang, 2009)

Como conclusiones del estudio Lin, Li y Kiang (2009) aseguran que el modelo propuesto en su investigación, que integra CMMI y el enfoque de seis sigma, podría ayudar a una organización a madurar sus procesos relativos de desarrollo de productos y la fabricación en su ciclo de vida del producto.

Este modelo integra requisitos automotrices especiales como lo es la “APQP” o planificación avanzada de la calidad del producto, y hace el modelo más práctico para la madurez de los procesos de auto. El modelo propuesto puede llevarse a cabo e implementado a través de un procedimiento de ocho pasos (Lin, Li, & Kiang, 2009).

Tras la descripción del modelo, se proporciona un caso ilustrativo para aclarar la aplicación. En el caso la compañía elimina la causa especial y reduce la variación común de cada proceso (Lin, Li, & Kiang, 2009).

## **CAPITULO 3. MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1 Metodología de la Investigación**

De acuerdo al planteamiento del problema expuesto anteriormente y con la finalidad de alcanzar los objetivos planteados, la investigación se llevó a cabo con el uso de la metodología cualitativa, utilizando los métodos hermenéutico y heurístico.

La selección de estos métodos atiende a los postulados del paradigma hermenéutico interpretativo al que pertenecen, dado que nuestro objeto de estudio es la organización, de una ubicación geográfica específica, vista a través del gerente o responsable de la metodología Lean Six Sigma. Por lo que se parte del supuesto de que la realidad es subjetiva, interpretable y compleja.

Bajo este paradigma, el conocimiento es la construcción subjetiva y continua de aquello que le da sentido a la realidad investigada como un todo donde las partes se significan entre sí y en relación con el todo, y avanza a través de formulaciones de sentido común que se van enriqueciendo con matices nuevos y depurados con mejores interpretaciones hasta llegar a conjeturas cada vez más ciertas.

En este enfoque interpretativo, el investigador ve al escenario y al objeto de estudio en una perspectiva holística, como una totalidad ecológica, compleja y contradictoria; el investigador es sensible a los efectos que ellos mismos provocan en la interpretación del objeto de estudio; todas las perspectivas son valiosas; se afirma el carácter humanista de la investigación, y se pondera la visión intersubjetiva en el quehacer científico.

Las técnicas utilizadas para la recolección de información fueron la entrevista estructurada y semiestructurada. La entrevista estructurada es aquella en la que a todos los entrevistados se les hacen las mismas preguntas y en el mismo orden a partir de un esquema o formato previamente establecido. Por otro lado la entrevista semiestructurada es aquella con relativo grado de flexibilidad

tanto en el formato como en el orden y los términos de realización de la misma para las diferentes personas a quienes está dirigida.

### 3.2 Descripción de la población y muestra investigada

En la selección de organizaciones a entrevistar, no se buscó una representatividad estadística, sino reflejar la diversidad de respuestas de organizaciones de distintos giros en diferentes países latinoamericanos que tuvieran en común la aplicación de la metodología Lean Six Sigma al menos 1 año.

En un inicio se sondearon organizaciones de países centroamericanos tales como Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá y México, que quisieran participar en el estudio por medio de cámaras de industriales y principalmente socios acreditadores de la Sociedad Americana de Calidad (ASQ).



Los criterios de inclusión de la muestra fueron organizaciones tanto del giro de servicios como de manufactura, sin discriminación de actividad ni de tamaño, pudiendo ser tanto privadas como de gobierno, que operaran en países latinoamericanos no importando que la organización tuviese su corporativo u otras operaciones fuera de Latinoamérica.

Los criterios de exclusión fueron organizaciones que tuvieran menos de 1 año con la metodología Lean Six Sigma.

Para garantizar el anonimato y confidencialidad de las organizaciones y personas entrevistadas, se ha utilizado a lo largo del informe un identificador único para su trazabilidad.

<b>Encuestado</b>	<b>País</b>	<b>Giro</b>	<b>Actividad</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Empleados</b>
E-1	Costa Rica	Servicios	Servicios Financieros	Grande	De 301 a 1000
E-2	México	Servicios	Electrónica	Grande	Mas de 1000
E-3	Costa Rica	Servicios	Servicios Financieros	Grande	Mas de 1000
E-4	Costa Rica	Servicios	Electrónica	Grande	De 301 a 1000
E-5	México	Manufactura	Electrónica	Grande	Mas de 1000
E-6	Costa Rica	Servicios	Servicios Financieros	Grande	Mas de 1000
E-7	México	Manufactura	Farmaceutico	Grande	Mas de 1000
E-8	Costa Rica	Manufactura	Alimentos y Bebidas	Grande	Mas de 1000
E-9	Costa Rica	Servicios	Electrónica	Mediana	De 101 a 300

### 3.3 Recolección de la información

La recolección de la información se dio en tres etapas, en la primera de ellas, denominada “Reclutamiento de Candidatos” se identificaron las principales cámaras industriales o asociaciones de calidad en cada uno de los países que pudieran proporcionar información de contacto de organizaciones que cumplieran con las características de inclusión del estudio.

Posteriormente se tuvo contacto con estas cámaras y asociaciones de calidad por medios electrónicos, telefónicamente y en donde se dio la oportunidad con entrevistas presenciales, en ellas se les planteó el objetivo, propósito y

metodología de la investigación, y se les solicitó su apoyo para proporcionarnos datos de contacto. En esta etapa se logró recolectar información de contacto con los siguientes datos:

- Nombre o razón social de la organización
- Giro de la organización
- Tamaño de la organización
- País y ciudad de la organización
- Nombre y puesto del contacto de la organización
- Correo electrónico del contacto de la organización
- Teléfono del contacto de la organización

Después se tuvo contacto con las organizaciones candidatas para explicarles el objetivo y metodología del estudio, y hacerles de manera formal la invitación a participar en el mismo.

En la segunda etapa, denominada “Diseño de Encuestas”, para las entrevistas estructuradas se utilizó una plataforma especializada en encuestas en línea denominada SurveyMonkey, la cual trabaja vía web y genera usuarios y contraseñas a los encuestados para salvaguardar el anonimato y confidencialidad de sus resultados.

El diseño de la encuesta en esta etapa se realizó en tres pasos, en el primero se adquirió una licencia Gold en de la plataforma Survey Monkey obteniendo así un usuario en la aplicación para el posterior diseño de la encuesta y publicación.

El segundo paso en esta etapa fue el diseño de la encuesta en el plataforma, la cual titulamos “Encuesta sobre programas Lean Seis Sigma”

## ENCUESTA SOBRE PROGRAMAS LEAN SEIS SIGMA

### Información General de la Empresa

**\* 1. País**

Otro (especifique)

**\* 2. Ciudad:**

**\* 3. Actividad de la Empresa**

Manufactura  Servicios  Comercio

**\* 4. Giro de la Empresa**

Otro (especifique)

**\* 5. Tamaño de la Empresa**

Grande  Mediana  
 Pequeña  Micro

**\* 6. Cantidad de Personal**

**\* 7. % de Personal Operativo**

**\* 8. Tiempo en la Empresa**

Menos de 1 año  De 1 a 3 años  Mas de 3 Años

**\* 9. Puesto:**

**\* 10. Tiempo que tiene la organización utilizando la Metodología Lean Six Sigma**

**\* 11. Cantidad de Black Belts en la organización**

**\* 12. Cantidad de Green Belts en la Organización**

**\* 13. Cantidad de Yellow Belts en la Organización**

**\* 14. La capacitación del personal en la metodología es principalmente interna o externa**

**\* 15. Las certificaciones del personal en la metodología son internas o externas**

Sig.

Desarrollado por



Vea qué fácil es [crear una encuesta](#).

(Fragmento de la encuesta original en la plataforma)

Por último el tercer paso fue la publicación de la encuesta para su aplicación por parte de los usuarios de las organizaciones estudiadas.

En la tercera etapa, denominada “Aplicación de Encuestas”, se envió a las organizaciones participantes en el estudio el Link para acceso a la encuesta, así como su usuario y password por medio de correo electrónico, en el cual se les explicaba los pasos a seguir para contestar la encuesta.

Para el caso de las entrevistas semiestructuradas se tuvieron sesiones presenciales o a distancia por medio de teleconferencia en donde se entrevistó al responsable de calidad de las organizaciones. En estas entrevistas, las sesiones fueron grabadas para su posterior redacción y análisis.

### 3.3.1 Formato de las entrevistas

Los formatos de las entrevistas estructuradas utilizadas fueron tres,

- 1) La primera denominada “Encuesta General Lean Six Sigma”, para clasificar a la organización y el impacto que ha tenido Lean Six Sigma en ella.
- 2) La segunda denominada “Nivel de uso y dominio de herramientas” para evaluar el nivel de conocimiento y uso de las herramientas Lean Six Sigma.
- 3) La tercera denominada “Nivel de Madurez Lean Six Sigma” para evaluar el nivel de madurez de la organización con respecto a la metodología Lean Six Sigma. El cual a su vez se divide en encuestas que evalúan cuatro vectores para analizar el nivel de madurez general, los cuales son:
  - a. Evaluación de Planificación
  - b. Evaluación de Control
  - c. Evaluación de Mejora
  - d. Evaluación de Prevención

Para el caso de las entrevistas semiestructuradas el formato utilizado fue conformado por tres preguntas abiertas realizadas al responsable de calidad de las organizaciones estudiadas.

- 1) ¿Qué significa Lean Seis Sigma para tu organización?
- 2) ¿Cuáles crees tú que han sido los principales beneficios de Lean Seis Sigma en tu organización?
- 3) ¿Cuáles crees que sean los factores críticos de éxito de Lean Seis Sigma en tu organización?

### 3.3.2 El proceso de las entrevistas

El proceso de las entrevistas, debido a que éstas constaban tanto de estructuradas como de semiestructuradas, estuvo dado en dos vertientes el primero fue la aplicación de las entrevistas estructuradas haciendo uso de la plataforma SurveyMonkey, y el segundo con la aplicación de las entrevistas semiestructuradas mediante sesiones presenciales o a distancia con teleconferencia.

En todo el proceso de las entrevistas se tuvo un estricto control en el manejo de la información cuidando la identidad y confidencialidad de las organizaciones y sus resultados, por lo que en ningún momento en el proceso de las entrevistas se revela ni se expone información de la identidad de las organizaciones.

Para el caso de las entrevistas estructuradas, la plataforma SurveyMonkey proporcionó la confidencialidad de la información necesaria mediante control de accesos con usuarios y password, y el diseño de las encuestas ayudó salvaguardar la identidad de las organizaciones ya que la encuesta se limitó a solicitar datos de identidad tales como:

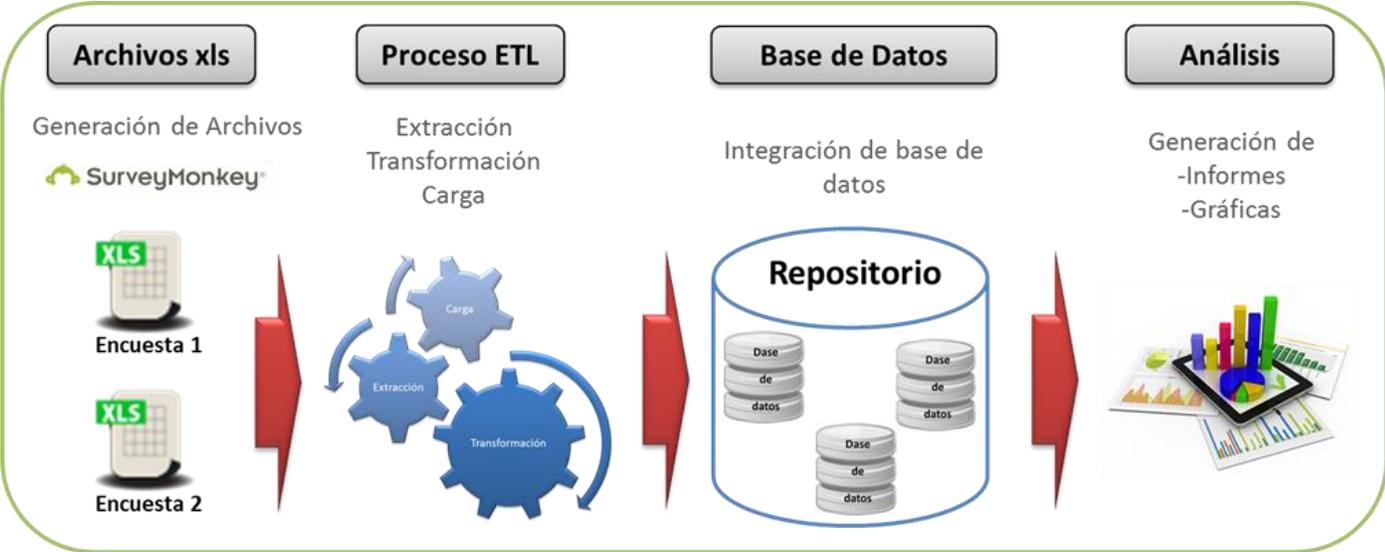
- País
- Ciudad
- Actividad de la empresa
- Giro de la empresa
- Tamaño de la empresa

Para el acceso a estas entrevistas se les envió un correo al contacto de las organizaciones participantes explicándoles los pasos para la realización de la encuesta en línea, así como el Link para su acceso y password.

Para el caso de las entrevistas semiestructuradas, en donde se tuvieron sesiones presenciales en las instalaciones de las organizaciones o por medio de videoconferencias, no en todos los casos se nos permitió grabación de voz por políticas de seguridad de la información de las propias organizaciones, por lo que en esos casos se optó por tomar nota de la entrevista; en los casos en que si se nos permitió, las sesiones tuvieron grabación de voz teniendo especial cuidado en no mencionar ni el nombre del entrevistado ni de la organización.

### 3.4 Análisis de la información

Una vez terminadas las entrevistas estructuradas, el análisis de la información se realizó mediante un proceso estructurado en cuatro etapas como se muestra en el siguiente gráfico.



Fuente: Propuesta del autor (2015)

En la primera etapa se extrajo la información de la plataforma SurveyMonkey de cada una de las tres encuestas, generando distintos archivos de Excel, sin embargo esta información no contaba con una estructura formal para su análisis, y se encontraba en distintos archivos.

En la segunda etapa se realizó un proceso de Extracción, Transformación, y Carga, por sus siglas en inglés ETL (Extract, Transform, Load), de toda la información proveniente de los distintos archivos de Excel para posteriormente integrar un repositorio único de datos.

En la tercera etapa se generó un Repositorio único de datos integrando toda la información de los resultados de las encuestas de manera estructurada y normalizada para su posterior análisis. De esta forma la base de datos permitiría hacer cubos de información para su posterior análisis.

Por último en la cuarta etapa se realizaron los análisis necesarios para dar respuesta a las preguntas de investigación mediante la estratificación y cruce de información proveniente del Repositorio de la Base de Datos, generando así reportes y gráficos que dieran soporte a los argumentos de las conclusiones de cada una de las líneas de investigación y sus distintas variables de las organizaciones como se describe a continuación:

#### Líneas de investigación

- a) Impacto de la aplicación de Lean Six Sigma
- b) Nivel de uso y dominio de las herramientas Lean Six Sigma
- c) Nivel de madurez respecto a la metodología Lean Six Sigma

#### Variables de la organización

- a) País
- b) Giro
- c) Tamaño

Para el análisis de las entrevistas semiestructuradas, el proceso de análisis siguió las etapas descritas en el siguiente gráfico.



Fuente: Propuesta del autor (2015)

En la primera etapa se transcribieron las grabaciones de las entrevistas de manera textual sin perder el más mínimo detalle, ya que de lo contrario podría haber errores de interpretación u omisiones que podrían repercutir en las conclusiones de la investigación.

En la segunda etapa se realizó una lectura exhaustiva de las entrevistas transcritas, para poder generar una correcta interpretación de las mismas, y posteriores análisis y conclusiones.

En la tercera y última etapa, se realizaron las interpretaciones y análisis de todas y cada una de las entrevistas y sus preguntas, realizando una redacción de éstas para las posteriores conclusiones de las preguntas de investigación.

En el siguiente capítulo se presentan algunos de los análisis más significativos que dieron pie a las conclusiones de la investigación.

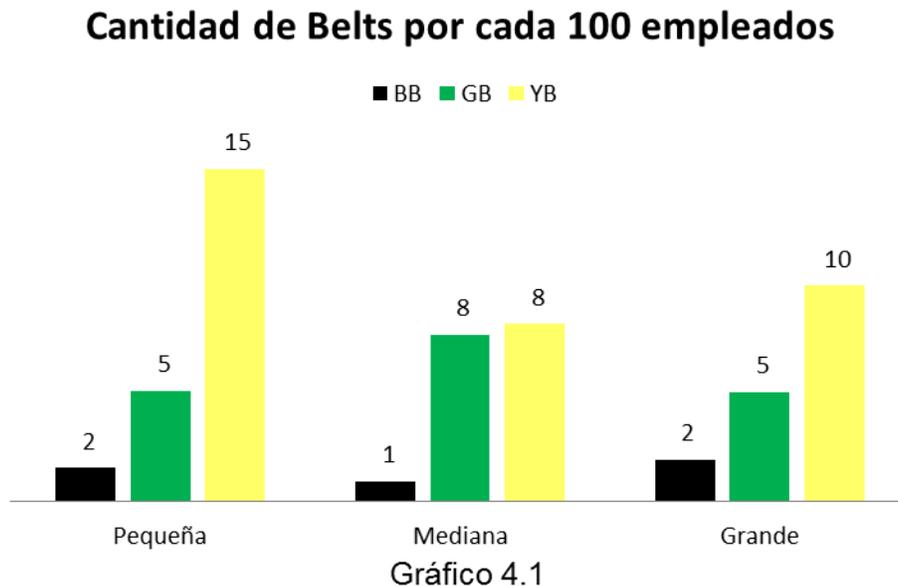
## CAPITULO 4. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN Y NARRACIÓN DE ENTREVISTAS

### 4.1 Análisis de entrevistas estructuradas

#### 4.1.1 Entrevista 1 “Encuesta General Lean Six Sigma”

Las primeras 7 preguntas de la encuesta general de Lean Six Sigma se centran en estudio de la formación de los especialistas en la metodología denominados “Yellow Belt, Green Belt, y Black Belt”, de las organizaciones investigadas.

En el siguiente gráfico 4.1 se presentan la cantidad de especialistas por cada 100 empleados por tamaño de organización.



Fuente: Autor (2015)

Como podemos observar en el gráfico 4.1 la Pequeña empresa cuenta proporcionalmente con mayor cantidad “Yellow Belts” que las demás, y las Medianas mayor cantidad de “Green Belts”,

En el siguiente gráfico 4.2 se presenta el proporción en que las organizaciones capacitan y certifican a sus especialistas o “Belts”, ya sea con un programa de formación y certificación interno, o de manera externa o con un tercero como lo es la Sociedad Americana de la Calidad “ASQ”

### Tipo de Certificación de Personal

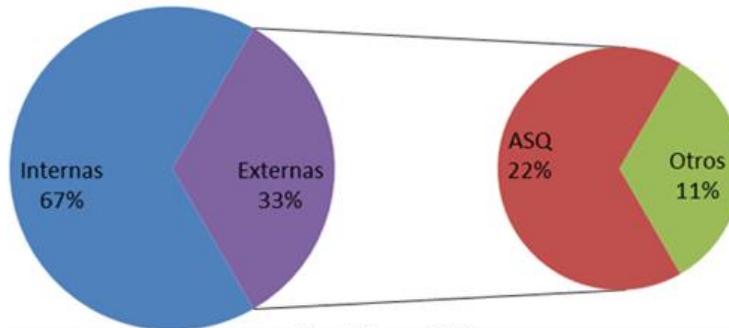


Gráfico 4.2

Fuente: Autor (2015)

Claramente podemos observar en el gráfico 4.2 que la organizaciones han estado apostando a formar y certificar internamente a sus especialistas “Belts”, y de tomar la decisión de hacerlo externamente, su primera opción ha sido la Sociedad Americana de la Calidad “ASQ”

Las preguntas 8, 9 y 10 de la encuesta general de Lean y Seis sigma se centran en el análisis de los beneficios percibidos por las organizaciones investigadas, en las gráficas de a continuación se muestran los resultados.

En la siguiente gráfico 4.3 se presenta la proporción de beneficios percibidos por cada uno de los tres principales actores que busca impactar la metodología Lean Seis Sigma que son Clientes, Accionistas, y Empleados.

### Principales Beneficiados del Programa LSS



Gráfico 4.3

Fuente: Autor (2015)

Como podemos observar en el gráfico 4.3, los Clientes son los que perciben el mayor impacto de los beneficios en un programa Lean Seis Sigma, seguido de empleados y accionistas.

En la siguiente gráfica 4.4 se presentan la reducción de las principales que busca atacar un programa Lean Seis Sigma, y que las organizaciones han percibido con mayor impacto derivado de la aplicación de esta metodología.

### Principales Variables Reducidas por el Programa LSS



Gráfico 4.4

Fuente: Autor (2015)

Como podemos ver en la gráfica 4.4 el impacto en “Costos” es una de las variables principales que las organizaciones han percibido con una reducción significativa gracias a la metodología Lean Seis Sigma.

En el siguiente gráfico 4.5 se muestran los beneficios anuales por cada millón de dólares de facturación, percibidos por tamaño de organización, estos beneficios podrían ser derivado de reducciones en gasto operativo o en incremento en ventas.

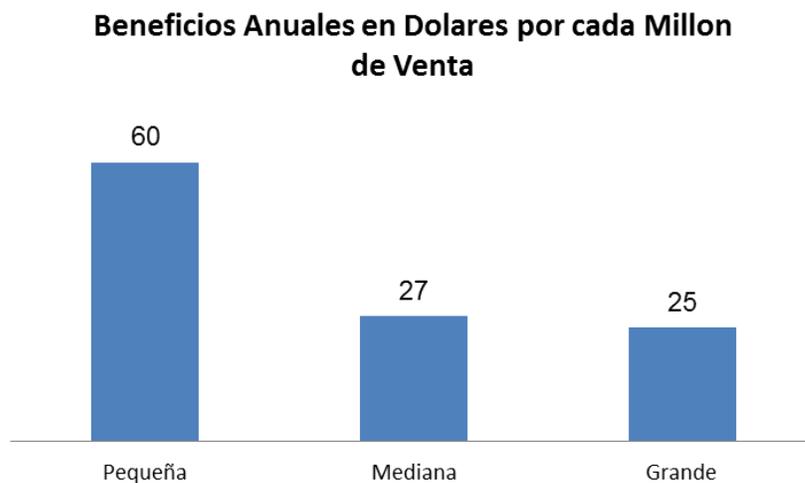


Gráfico 4.5

Fuente: Autor (2015)

Como podemos observar en el gráfico 4.5 la pequeña empresa es la que mayor impacto en beneficios tiene en relación a sus ventas, seguido de la mediana y la grande. Esto podría explicar la oportunidad de mejor por tamaño de empresa.

Las preguntas 11 y 12 analizan el nivel de calidad de las organizaciones investigadas. En las siguientes gráficas se observan los resultados por país, giro y tamaño.

En la gráfica 4.6 se presenta el porcentaje de utilización de las medidas de calidad usadas en Seis Sigma, las cuales son “Yield” o proporción de calidad, “DPM o defectos por cada millón de unidades, y Nivel Sigma que medie toma en consideración tanto los defectuosos como los defectos y sus oportunidades.

### Unidad de Medida de Calidad Utilizada

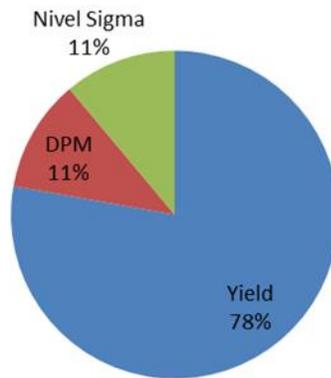


Gráfico 4.6

Fuente: Autor (2015)

La gráfica 4.6 deja ver que cerca del 80% de las organizaciones tiene como unidad de medida de desempeño principal el “Yield”, el cual solo contempla la medición de la proporción entre lo producido y las unidades defectuosas, sin tomar en consideración la cantidad de defectos que estas pudieran tener. Pudiendo haber una fuerte área de oportunidad solamente en este aspecto de utilización de métrica.

En el siguiente gráfico 4.7 se muestra el Nivel Sigma reportado por las organizaciones segmentadas por giro, Alimenticio, Electrónico, Farmacéutico, y Servicios financieros.

### Nivel SIGMA por Giro

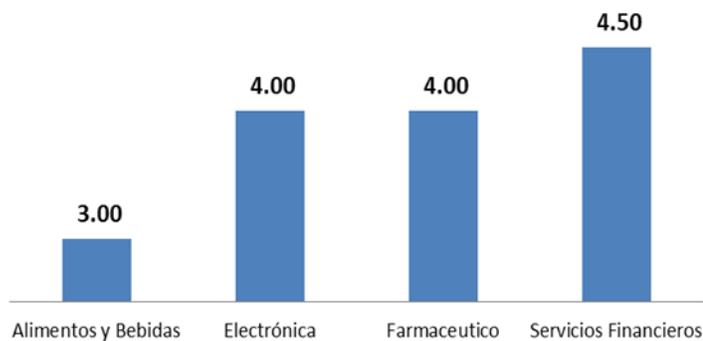


Gráfico 4.7

Fuente: Autor (2015)

Contrario a lo que uno esperaría, la gráfica 4.7 muestra los mejores niveles de calidad expresados en niveles sigma a las organizaciones de Servicios Financieras, cuando uno esperaría por temas de inocuidad y salud, que fueran las Alimenticias y Farmacéuticas las que encabezaran la lista.

En la siguiente gráfica 4.8 se hizo presenta una segmentación de nivel de calidad expresado en Sigmas por regiones, tanto México como Centroamérica.

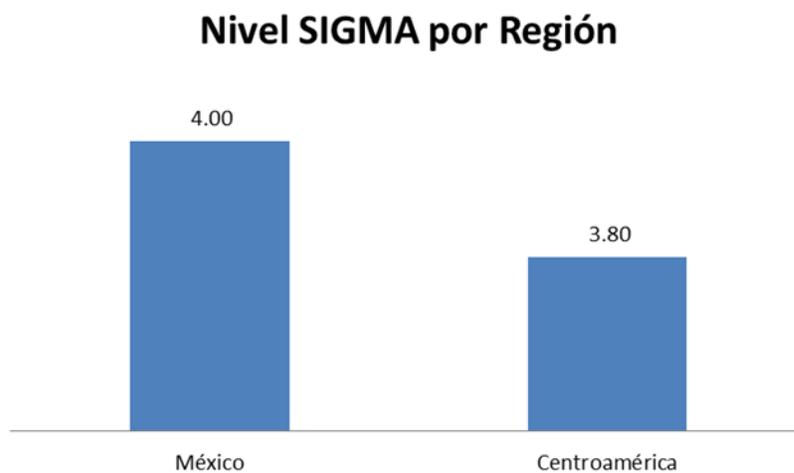


Gráfico 4.8

Fuente: Autor (2015)

En el gráfico 4.8 podemos observar que si bien existe una diferencia en niveles de calidad entre México y Centroamérica, siendo esta última la inferior, esta no es tan grande ya que es de solo 0.2 Sigmas.

La siguiente gráfica 4.9 muestra los niveles de calidad expresados en niveles Sigma de manera segmentada por tamaño de empresa.

### Nivel SIGMA por tamaño

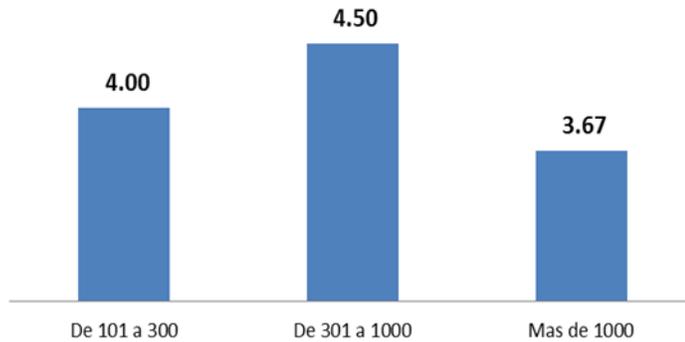


Gráfico 4.9

Fuente: Autor (2015)

En el gráfico 4.9 podemos observar que las organizaciones “Medianas” (de 301 a 1000) reportan tener un índice de calidad superior respecto a las “Chicas” (de 101 a 300) y “Grandes” (más de 1000).

Las preguntas 13, 14, 17 y 18 de la encuesta general de Lean y Seis Sigma se enfocan en identificar los factores de éxito en la implementación de la metodología en las organizaciones investigadas. En las siguientes gráficas se presentan los resultados obtenidos.

En la siguiente gráfica 4.10 se presente el resultado a la pregunta realizada a las organizaciones, respecto a si se tienen metas de mejora continua, ya sea expresado en “Yield” o “Nivel Sigma”.

### Empresas con Metas para mejorar el Nivel Sigma

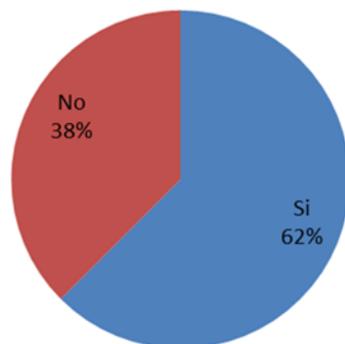


Gráfico 4.10

Fuente: Autor (2015)

En los resultados del gráfico 4.10 podemos observar que más de la mitad de las organizaciones (62%) cuentan con metas de mejora continua, lo que apoya a la eficacia y sistematización de la metodología Lean Seis Sigma.

En el siguiente gráfico 4.11 se presenta el resultado a la pregunta realizada a las organizaciones, respecto a si se cuenta con el apoyo de la Alta Dirección para el Diseño, Implementación y Seguimiento del programa Lean Seis Sigma.

**Apoyo por parte de la Alta Dirección en el programa LSS**

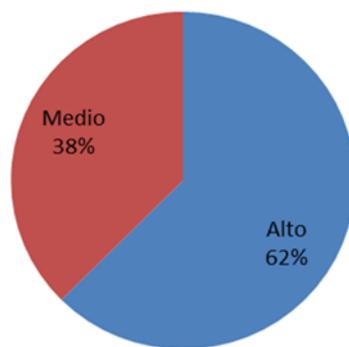


Gráfico 4.11

Fuente: Autor (2015)

Con los resultados de la gráfica 4.11 podemos observar que un alto porcentaje de las organizaciones (62%) reciben un apoyo importante por parte de la Alta Dirección en la implantación del programa Lean Seis Sigma, y probablemente una de las principales causas de su exitosa implementación.

En la siguiente gráfica 4.12 se presenta el resultado a la pregunta realizada a las organizaciones, respecto a si el programa Lean Seis Sigma es un requisito por alguna de las partes interesadas de la empresa o si por el contrario es sólo por iniciativa propia como parte de la estrategia de eficiencia de la organización.

### La Aplicación del programa LSS es un requisito

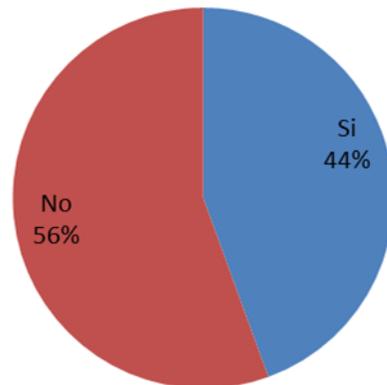


Gráfico 4.12

Fuente: Autor (2015)

El gráfico 4.12 nos deja ver que no en todos los casos la metodología es un requisito del corporativo, del cliente o de alguna otra parte interesada, sino por iniciativa y convicción propia de la organización.

El siguiente gráfico 4.13 muestra los resultados a la pregunta realizada a las organizaciones, respecto a si el programa Lean Seis Sigma requirió de consultores externos especialistas en el tema para su diseño e implementación.

### Utilización de Consultores Externos para la Implementación del programa LSS

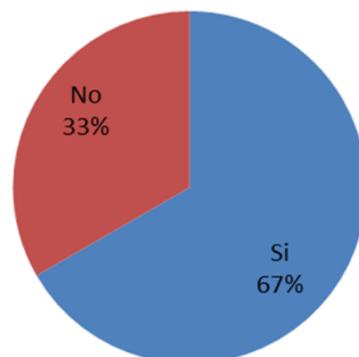


Gráfico 4.13

Fuente: Autor (2015)

El gráfico 4.13 nos deja ver que 7 de cada 10 de las organizaciones utiliza consultores externos especializados en la metodología para su implementación, lo que podría ser uno de los factores críticos de éxito para el programa Lean Seis Sigma.

Las preguntas 15 y 16 se enfocan en identificar la utilización de software especializados de estadística por parte de las organizaciones investigadas, como herramienta para la implementación de estrategias Lean y Seis Sigma. La siguiente gráfica nos muestra los resultados obtenidos.

El siguiente gráfico 4.14 muestra el porcentaje de las organizaciones que utilizan un software para el análisis estadístico utilizado en el programa Lean Seis Sigma. Y si es así, cuál es el más utilizado para dicho propósito.

### Utilización de Software de Análisis Estadístico

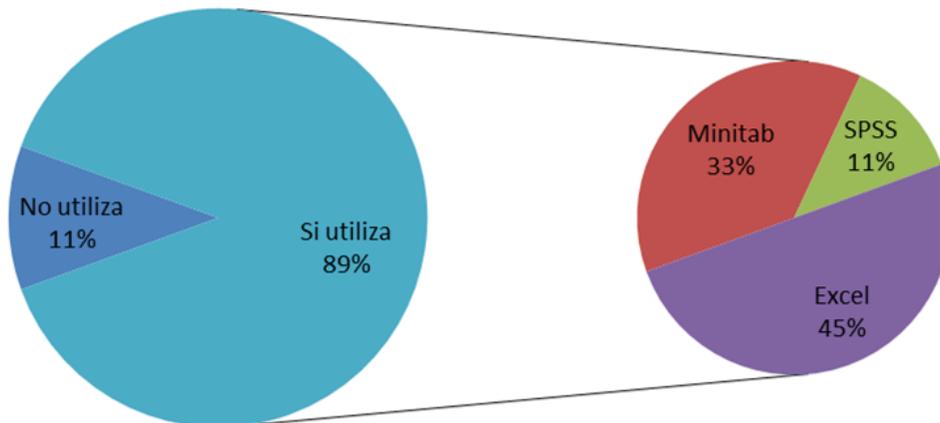


Gráfico 4.14

Fuente: Autor (2015)

El gráfico 4.14 nos permite identificar que cerca de 9 de cada 10 de las organizaciones hacen uso de un software especializado de estadística como herramienta fundamental para su estrategia Lean y Seis Sigma, la mitad de ellos

utiliza aplicaciones que se instalan sobre la plataforma de Microsoft Excel, una tercera parte utiliza Minitab y el resto SPSS.

Las preguntas 20 y 21 tienen como objetivo identificar el nivel de utilización de Lean y de Seis Sigma respectivamente de las organizaciones investigadas. Las siguientes gráficas muestran los resultados obtenidos.

La siguiente gráfica 4.15 muestra el porcentaje de utilización de las herramientas “Lean” y de las de “Seis Sigma”, tomando en consideración en que las primeras están enfocadas a eliminar desperdicios y generar flujo de valor continuo en los procesos, y en las segundas se enfoca hacia la reducción de defectos y su variación en los procesos.

**Utilización de Herramientas Lean vs Seis Sigma**

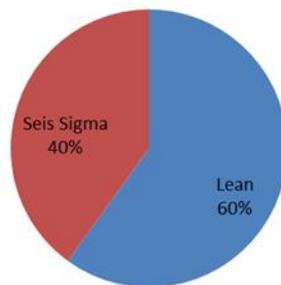


Gráfico 4.15

Fuente: Autor (2015)

En la gráfica 4.15 podemos observar que el 60% de las mejoras provienen de la aplicación de herramientas Lean, lo que podría dejar entre ver que, tal y como varios autores lo recomiendan, las organizaciones han optado por iniciar con herramientas “Lean” para generar flujo continuo de valor en los procesos, posteriormente aplicar herramientas “Seis Sigma” para reducir variación y defectos. O por otro lado las problemáticas de las organizaciones se centran más en problemas de flujo de procesos que en defectos y variación en ellos.

En el siguiente gráfico 4.16 se muestra el porcentaje de utilización de herramientas “Lean” y “Seis Sigma” por tipo de giro de organización.

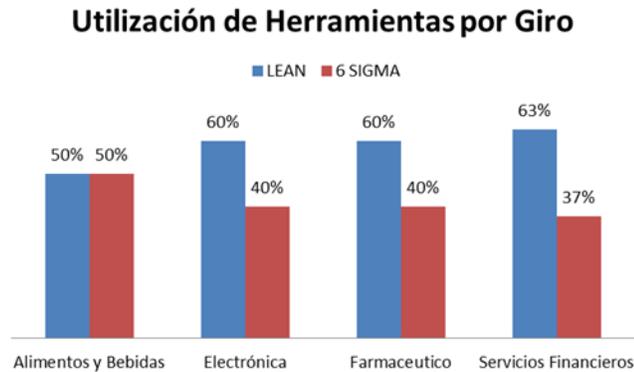


Gráfico 4.16

Fuente: Autor (2015)

Mediante este gráfico 4.16 podemos identificar que salvo el giro de alimentos el cual utiliza las herramientas “Lean” y “Seis Sigma” en la misma medida, los demás giros utilizan de manera más marcada las herramientas “Lean”.

#### **4.1.2 Entrevista 2 “Nivel de uso y dominio de herramientas Lean Six Sigma”**

La entrevista 2 se basa en el estudio y análisis del nivel de dominio y uso de cada una de las herramientas Lean y Seis Sigma de las organizaciones investigadas.

La primera etapa de esta entrevista se enfoca en identificar el nivel de dominio y uso de las 10 principales herramientas Lean identificadas en este estudio. En la siguiente gráfica podemos observar los resultados en orden descendente.

En el siguiente gráfico 4.17 se presentan los resultados de porcentaje de Dominio y Uso de las distintas herramientas “Lean”.

# Uso y Dominio de Herramientas LEAN

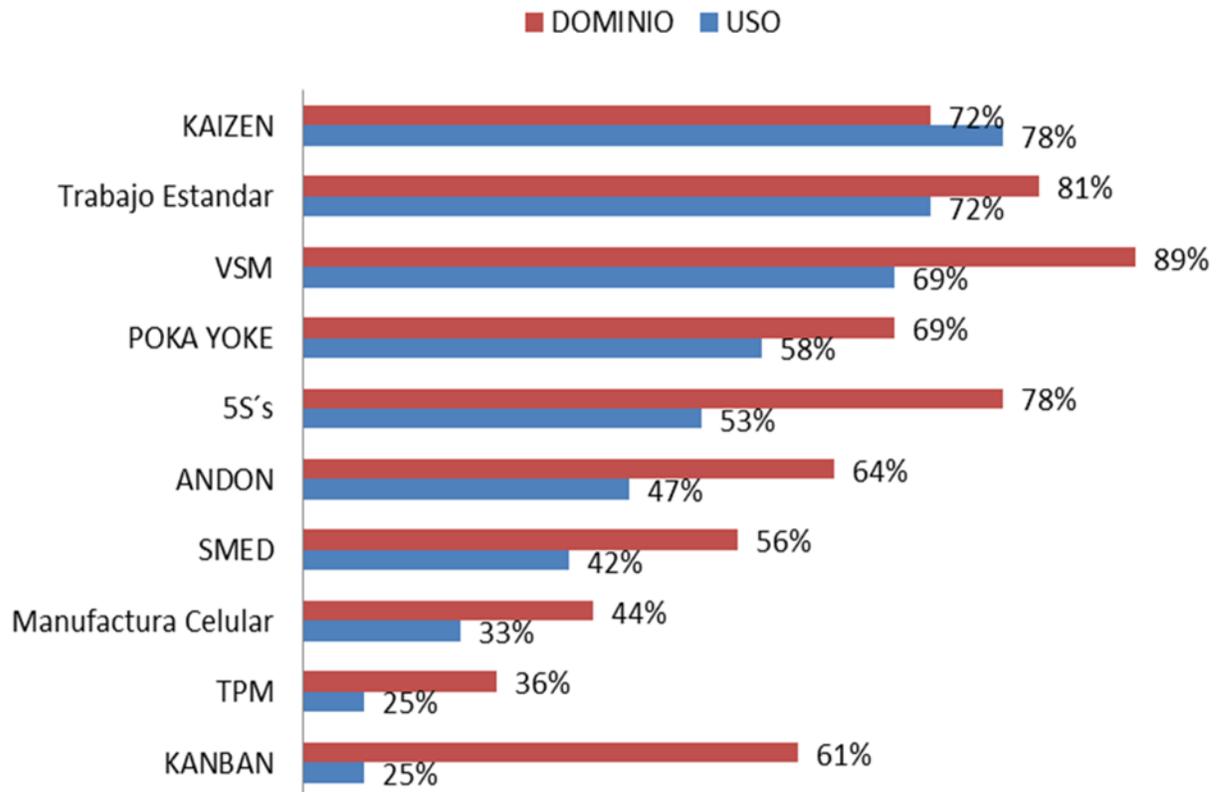


Gráfico 4.17

Fuente: Autor (2015)

En la gráfica 4.17 podemos identificar tres grupos de herramientas de acuerdo a su utilización y dominio, Alto, Medio y Bajo.

Como nivel Alto de uso y dominio podemos identificar Kaizen, Trabajo estándar, Value Stream Mapping (VSM), y Poka Yoke.

Como nivel Medio de uso y dominio están las herramientas 5S's, ANDON y SMED.

Y por último como nivel más Bajo de uso y dominio están las herramientas Manufactura Celular, Mantenimiento Productivo Total (TPM), y Kanban.

La segunda etapa de esta encuesta se enfoca en identificar el nivel de dominio y uso de las 16 principales herramientas de Seis Sigma identificadas en este estudio.

En la siguiente gráfica 4.18 se presentan los resultados en orden descendente del porcentaje de utilización y uso de las distintas herramientas “Seis Sigma”

## Uso y Dominio de Herramientas 6 SIGMA

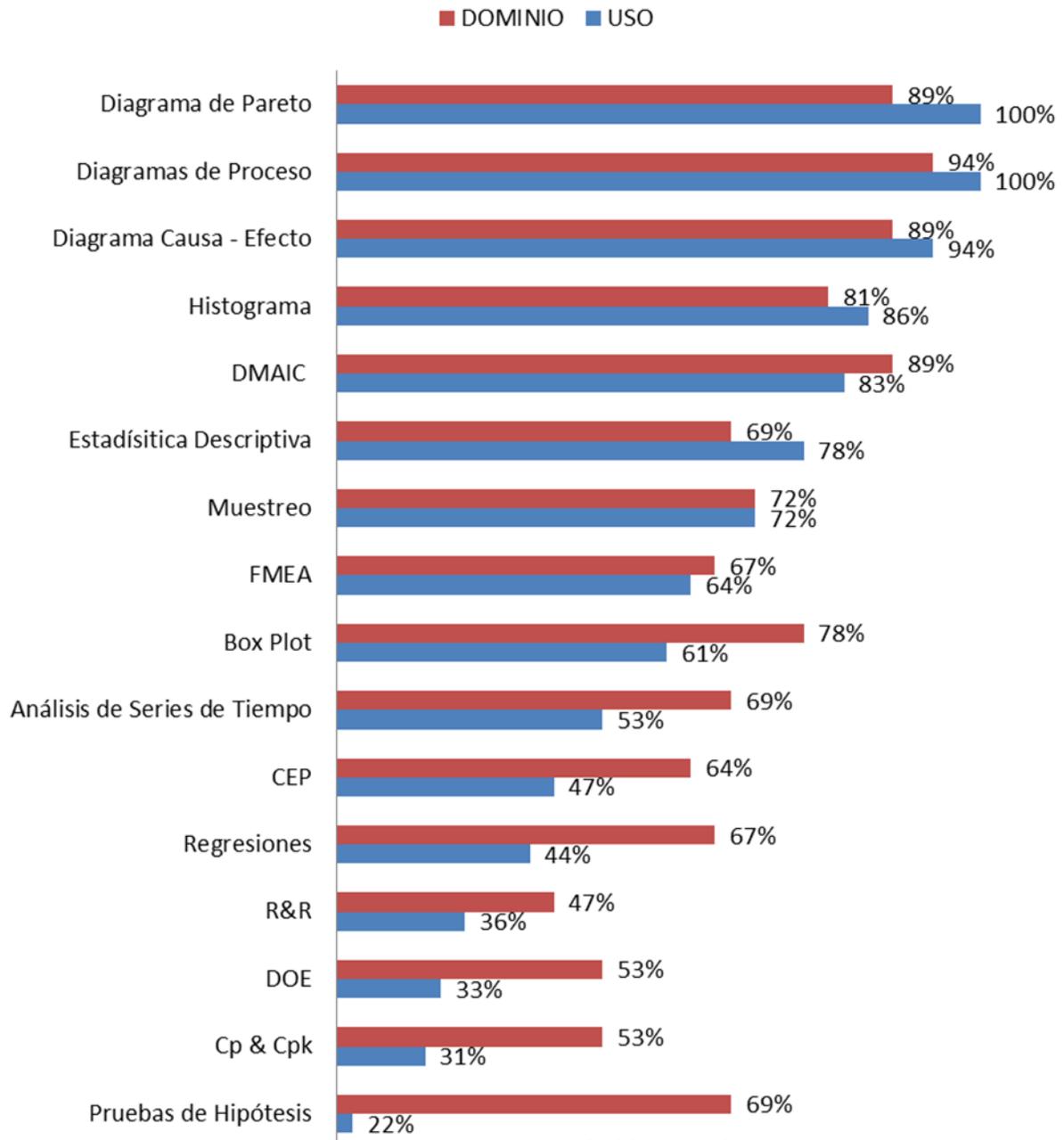


Gráfico 4.18

Fuente: Autor (2015)

En la gráfica 4.18 podemos identificar tres grupos de herramientas de acuerdo a su utilización y dominio, Alto, Medio y Bajo.

Como nivel Alto de uso y dominio podemos identificar Diagrama de Pareto, Diagrama de Proceso, Diagrama Causa – Efecto, Histograma, y DMAIC.

Como nivel Medio de uso y dominio están las herramientas Estadística Descriptiva, Muestreo, Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF), Box Plot, Análisis de Series de Tiempo, y Control Estadístico de Procesos (CEP).

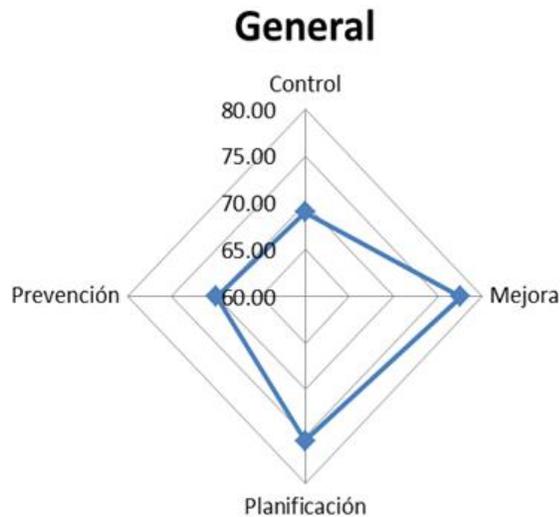
Y por último como nivel más Bajo de uso y dominio están las herramientas Regresiones, Análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R), Diseño de Experimentos (DOE), Análisis de Capacidad de Procesos (Cp & Cpk), y Pruebas de Hipótesis.

#### **4.1.3 Entrevista 3 “Nivel de Madurez Lean Six Sigma”**

La entrevista 3 se basa en medir y analizar el nivel de madurez de las organizaciones investigadas respecto a la metodología Lean y Seis Sigma, el cual a su vez está dividido, para efectos de análisis, en las etapas de Control, Mejora, Planificación, y Prevención.

En las siguientes gráficas se analiza el nivel de madurez por cada una de las etapas de manera general, por país, por giro, y por tamaño de las organizaciones investigadas.

En la siguiente gráfica 4.19 se muestra el resultado general del nivel de madurez por cada uno de los vectores de Prevención, Control, Mejora, y Planificación

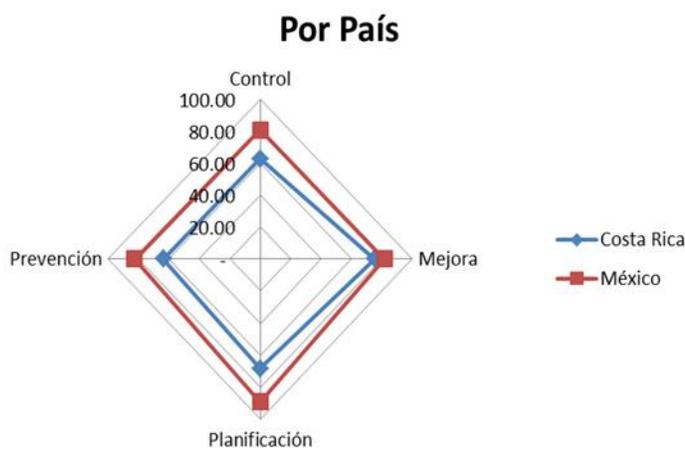


**Gráfico 4.19**

Fuente: Autor (2015)

En la gráfica 4.19 podemos observar los niveles de madurez generales por cada vector, lo que nos podría indicar que las organizaciones le dan mayor importancia a la “Planificación” y a la “Mejora”, que al “Control” y a la “Prevención”.

La gráfica 4.20 muestra el resultado por región (México y Centroamérica) del nivel de madurez por cada uno de los vectores de Prevención, Control, Mejora, y Planificación de su programa Lean Seis Sigma.

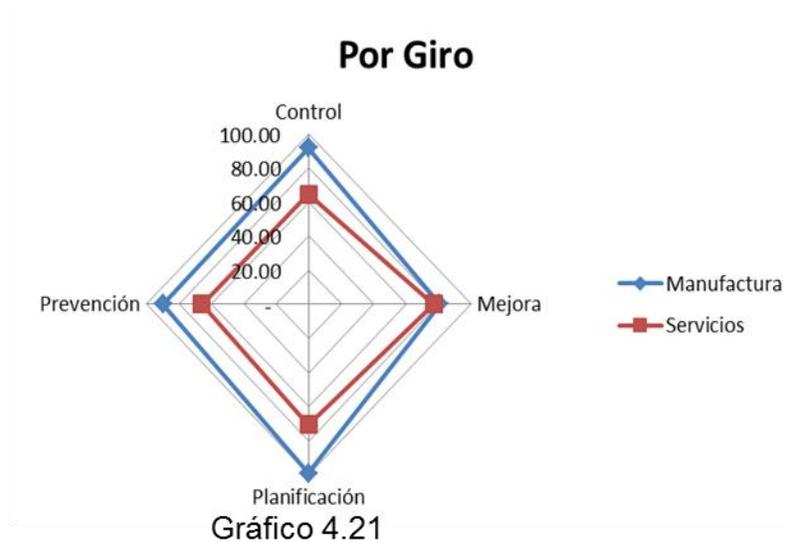


**Gráfico 4.20**

Fuente: Autor (2015)

En la gráfica 4.20 podemos ver una ligera diferencia entre los niveles de madurez de los distintos vectores entre empresas mexicanas y centroamericanas, siendo el vector de “Mejora” el único que se encuentra en niveles similares.

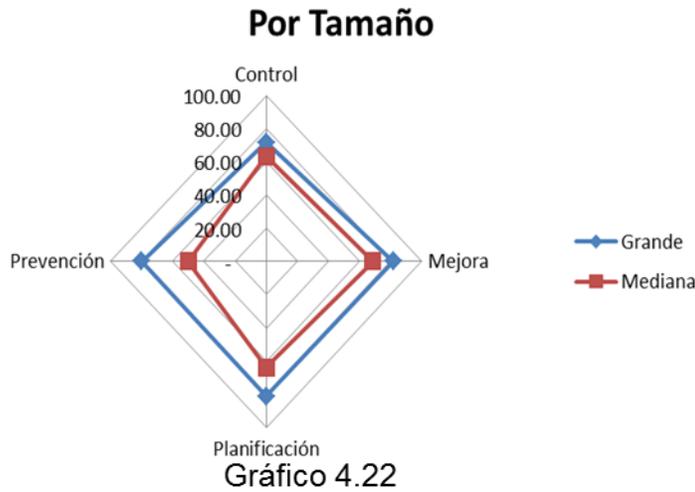
En la siguiente gráfica 4.21 se muestran los resultados por giro del nivel de madurez por cada uno de los vectores de Prevención, Control, Mejora, y Planificación de su programa Lean Seis Sigma.



Fuente: Autor (2015)

En la gráfica 4.21 podemos observar que existe una marcada diferencia en el nivel de madurez en casi todos los vectores entre las empresas Manufactureras y las de Servicios, salvo el vector de “Mejora” en el que sus resultados son similares.

En la siguiente gráfica 4.22 se muestran los resultados por tamaño de organización del nivel de madurez por cada uno de los vectores de Prevención, Control, Mejora, y Planificación de su programa Lean Seis Sigma.

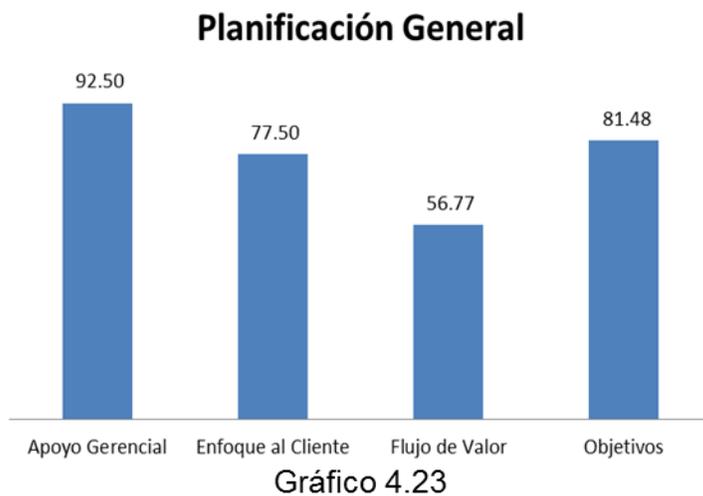


Fuente: Autor (2015)

En la anterior gráfica 4.22 nos permite identificar que también existe una diferencia entre los niveles de madurez de los distintos vectores entre las organizaciones Grandes y Medianas.

A continuación se hace un análisis del nivel de madurez por cada una de los cuatro vectores de manera general, por país, giro y tamaño de las organizaciones investigadas.

En el siguiente gráfico 4.23 se muestran los resultados generales del nivel de madurez del vector de Planificación y de los resultados de sus cuatro distintas variables, Apoyo Gerencial, Enfoque al Cliente, Flujo de Valor, Objetivos.



Fuente: Autor (2015)

En el anterior gráfico 4.23 podemos identificar que la variable de “Flujo de Valor” es la variable de menor madurez en el vector de “Planificación”, con lo que podríamos concluir que son pocas las organizaciones que cuentan con mapas de flujo de valor planificados para todos y cada uno de sus procesos.

En el siguiente gráfico 4.24 se muestran los resultados por Región (México y Centroamérica) del nivel de madurez del vector de Planificación y de los resultados de sus cuatro distintas variables, Apoyo Gerencial, Enfoque al Cliente, Flujo de Valor, Objetivos.

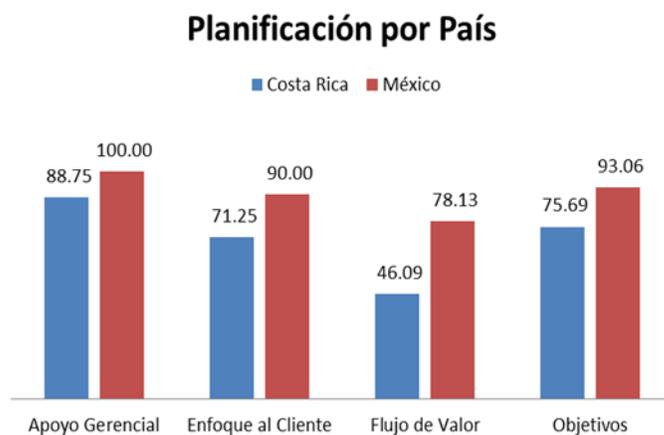


Gráfico 4.24

Fuente: Autor (2015)

En la gráfica 4.24 se muestra una ligera mejoría de madurez en las distintas variables del vector de Planificación entre organizaciones mexicanas y centroamericanas, especialmente en “Flujos de Valor”.

En el siguiente gráfico 4.25 se muestran los resultados por Giro (Manufactura y Servicio) del nivel de madurez del vector de Planificación y de los resultados de sus cuatro distintas variables, Apoyo Gerencial, Enfoque al Cliente, Flujo de Valor, Objetivos.

### Planificación por Giro

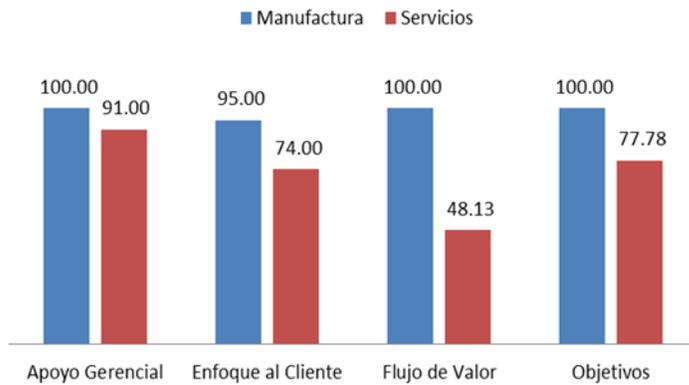


Gráfico 4.25

Fuente: Autor (2015)

De manera más contundente, la gráfica 4.25 nos deja ver una clara diferencia en los niveles de madurez de las variables del vector de “Planificación” de las organizaciones Manufactureras con relación a las de Servicios. Tal vez por la falta de contextualización de las distintas herramientas al giro de servicios, partiendo de la premisa de que el nacimiento de éstas tuvo sus raíces en el giro manufacturero.

En el siguiente gráfico 4.26 se muestran los resultados por tamaño (Grande y Mediana) del nivel de madurez del vector de Planificación y de los resultados de sus cuatro distintas variables, Apoyo Gerencial, Enfoque al Cliente, Flujo de Valor, Objetivos.

### Planificación por Tamaño

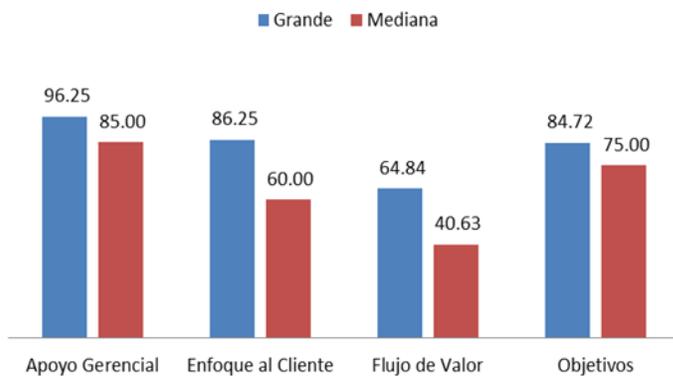


Gráfico 4.26

Fuente: Autor (2015)

En la gráfica 4.26 nos deja ver también una diferencia en los niveles de madurez de todas las variables del vector “Planificación” de entre las organizaciones Grandes con relación a las Medianas.

El siguiente análisis es sobre el nivel de madurez del vector de **Mejora** y los resultados se muestran en las siguientes gráficas.

En el siguiente gráfico 4.27 se muestran los resultados generales del nivel de madurez del vector de Mejora y de los resultados de sus tres distintas variables, Cultura, Efectividad, Metodología.

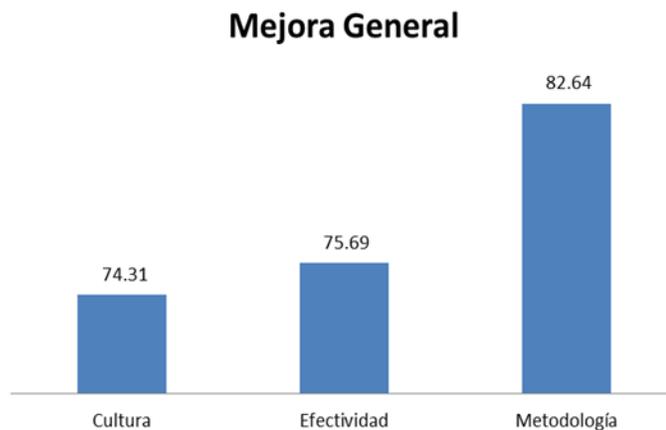


Gráfico 4.27

Fuente: Autor (2015)

En la gráfica 4.27 se muestran las tres variables que definen el vector de **Mejora**, y los niveles de madurez de cada una de estas variables. Como podemos observar la variable de **Metodología** es una de las que mejor calificación obtiene, siendo Efectividad y Cultura las peor evaluadas.

En el siguiente gráfico 4.28 se muestran los resultados por del nivel de madurez del vector de Mejora y de los resultados de sus tres distintas variables, Cultura, Efectividad, Metodología.

### Mejora por País

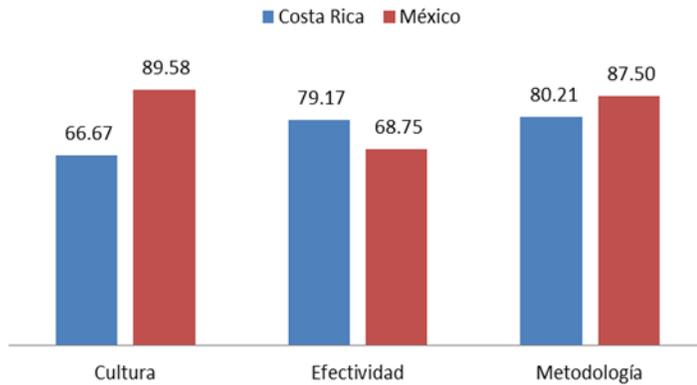


Gráfico 4.28

Fuente: Autor (2015)

La gráfica 4.28 nos muestra que si bien las organizaciones mexicanas salen mejor evaluadas en las variables de Cultura y ligeramente en Metodología, en Efectividad las organizaciones centroamericanas son las evaluadas con mayor madurez.

En el siguiente gráfico 4.29 se muestran los resultados por Giro de madurez del vector de Mejora y de los resultados de sus tres distintas variables, Cultura, Efectividad, Metodología.

### Mejora por Giro

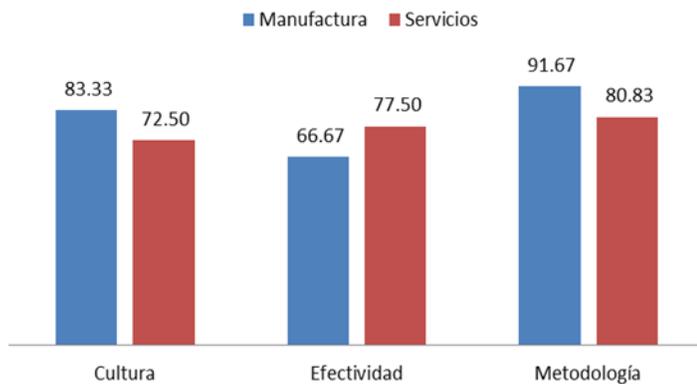


Gráfico 4.29

Fuente: Autor (2015)

La gráfica 4.29 nos deja ver que las variables de Cultura y Metodología son evaluadas con mayor madurez en organizaciones Manufactureras, y la variable de Efectividad la de mayor madurez en las organizaciones de Servicios.

En el siguiente gráfico 4.30 se muestran los resultados por Tamaño de las organizaciones, del nivel de madurez del vector de Mejora y de los resultados de sus tres distintas variables, Cultura, Efectividad, Metodología.

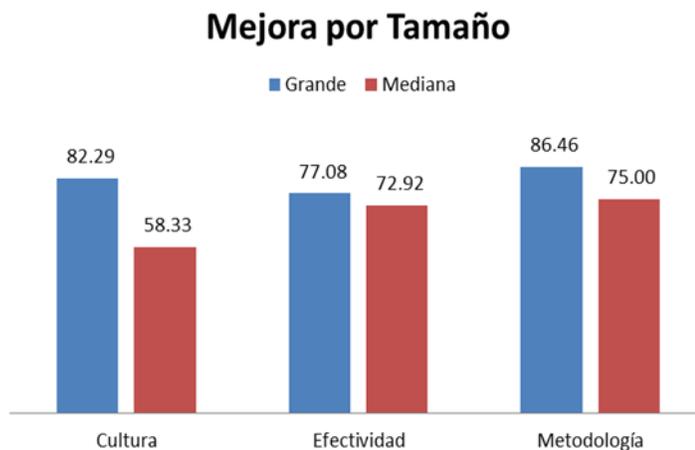


Gráfico 4.30

Fuente: Autor (2015)

La gráfica 4.30 nos permite ver también una diferencia en los niveles de madurez de las variables de Mejora entre las organizaciones Grandes con relación a las Medianas.

El siguiente análisis es sobre el nivel de madurez del vector de **Control** y los resultados se muestran en las siguientes gráficas.

En el siguiente gráfico 4.31 se muestran los resultados generales del nivel de madurez del vector de Control y de los resultados de sus cuatro distintas variables, Corrección, Medición, Monitoreo, y Trabajo Estándar.

### Control General

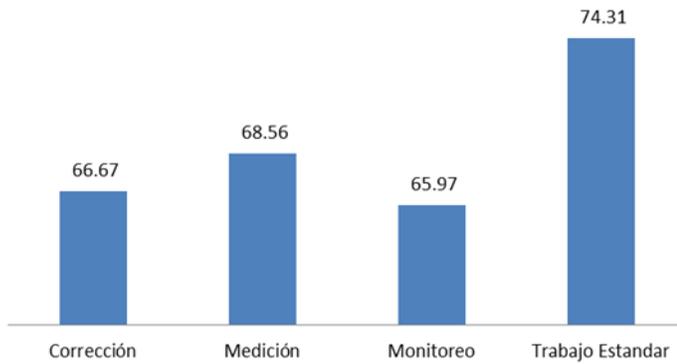


Gráfico 4.31

Fuente: Autor (2015)

En la gráfica 4.31 se muestran las cuatro variables que definen el vector de **Control**, y los niveles de madurez de cada una de estas variables. Como podemos observar la variable de **Trabajo Estandar** es una de las que mejor calificación tienen, seguido de Medición, y Corrección y Monitoreo como peor evaluadas.

En el siguiente gráfico 4.32 se muestran los resultados por país del nivel de madurez del vector de Control y de los resultados de sus cuatro distintas variables, Corrección, Medición, Monitoreo, y Trabajo Estándar.

### Control por País

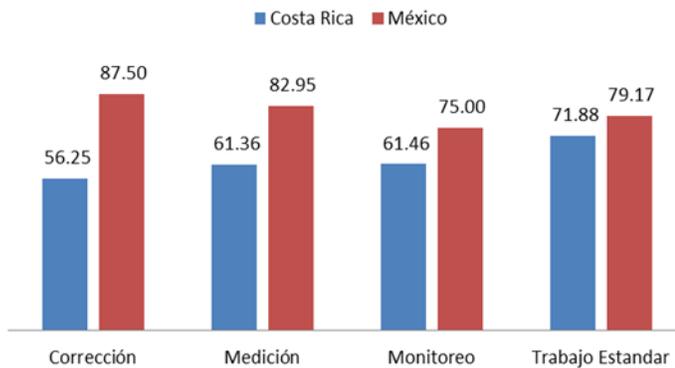


Gráfico 4.32

Fuente: Autor (2015)

La gráfica 4.32 muestra una ligera mejoría de madurez en las distintas variables de la etapa de Control entre organizaciones mexicanas y centroamericanas, especialmente en Corrección.

En el siguiente gráfico 4.33 se muestran los resultados por Giro del nivel de madurez del vector de Control y de los resultados de sus cuatro distintas variables, Corrección, Medición, Monitoreo, y Trabajo Estándar.

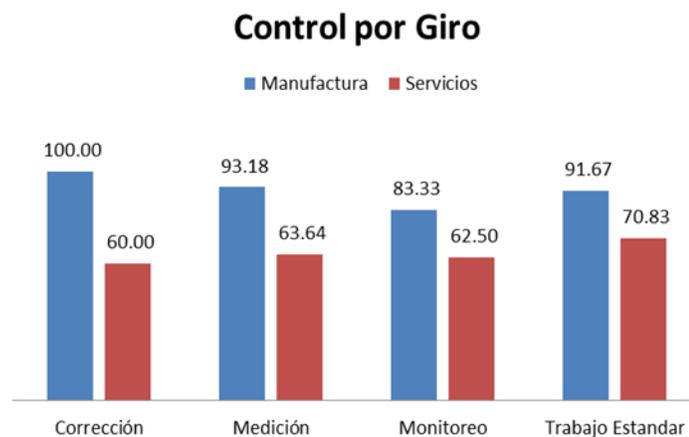


Gráfico 4.33

Fuente: Autor (2015)

De manera más contundente, la gráfica 4.33 nos deja ver una clara diferencia en los niveles de madurez de las variables de Control de las organizaciones Manufactureras con relación a las de Servicios.

En el siguiente gráfico 4.34 se muestran los resultados por Tamaño del nivel de madurez del vector de Control y de los resultados de sus cuatro distintas variables, Corrección, Medición, Monitoreo, y Trabajo Estándar.

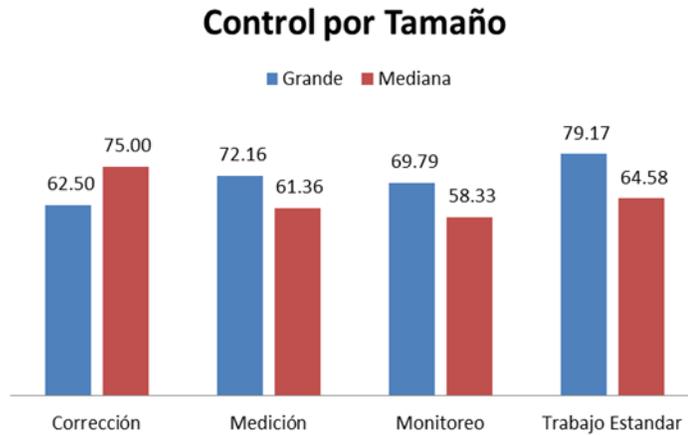


Gráfico 4.34

Fuente: Autor (2015)

La anterior gráfica 4.34 nos deja ver también una diferencia en los niveles de madurez de las variables de Control entre las organizaciones Grandes con relación a las Medianas, salvo por la variable de Corrección en donde las Medianas salen mejor evaluadas.

El siguiente análisis es sobre el nivel de madurez del vector de **Prevención** y los resultados se muestran en las siguientes gráficas.

En el siguiente gráfico 4.35 se muestran los resultados generales del nivel de madurez del vector de Control y de los resultados de sus tres distintas variables, Procesos, Productos y Servicios, y Regulaciones.

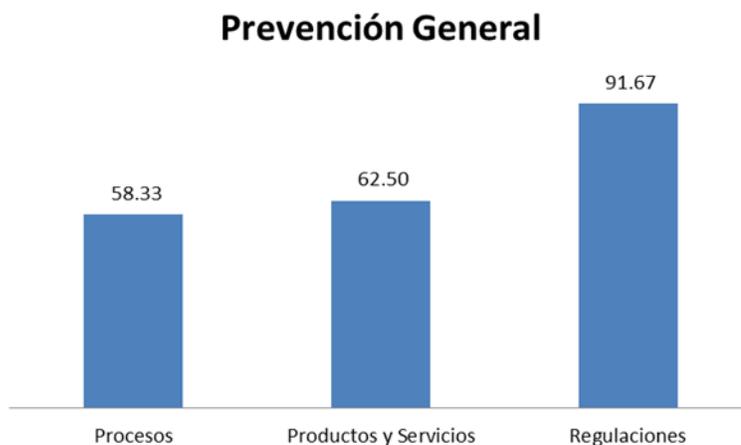


Gráfico 4.35

Fuente: Autor (2015)

En la gráfica 4.35 se muestran las tres variables que definen el vector de **Prevención**, y los niveles de madurez de cada una de estas variables. Como podemos observar la variable de **Regulaciones** es una de las que mejor calificación tienen, seguido de Productos y Servicios , y siendo la variable de Procesos la de menor calificación.

En el siguiente gráfico 4.36 se muestran los resultados por país del nivel de madurez del vector de Control y de los resultados de sus tres distintas variables, Procesos, Productos y Servicios, y Regulaciones.

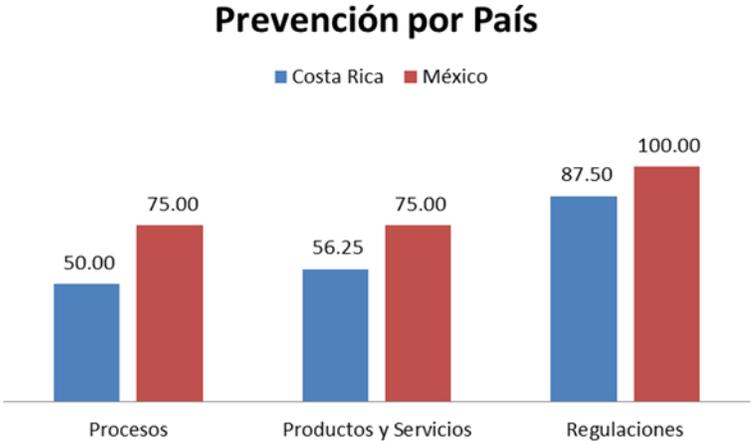


Gráfico 4.36

Fuente: Autor (2015)

La gráfica 4.36 muestra una ligera mejoría de madurez en las distintas variables del vector de Prevención entre organizaciones mexicanas y centroamericanas, especialmente en Procesos.

En el siguiente gráfico 4.37 se muestran los resultados por Giro del nivel de madurez del vector de Control y de los resultados de sus tres distintas variables, Procesos, Productos y Servicios, y Regulaciones.

### Prevencción por Giro

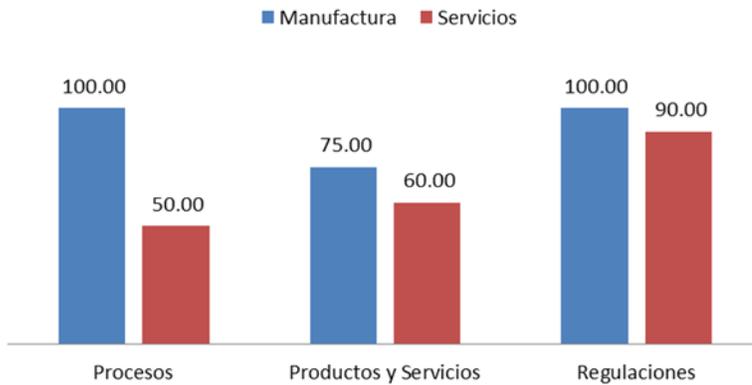


Gráfico 4.37

Fuente: Autor (2015)

La gráfica 4.37 nos deja ver una diferencia en los niveles de madurez de todas las variables de Prevencción de las organizaciones Manufactureras con relación a las de Servicios.

En el siguiente gráfico 4.38 se muestran los resultados por Tamaño del nivel de madurez del vector de Control y de los resultados de sus tres distintas variables, Procesos, Productos y Servicios, y Regulaciones.

### Prevencción por Tamaño

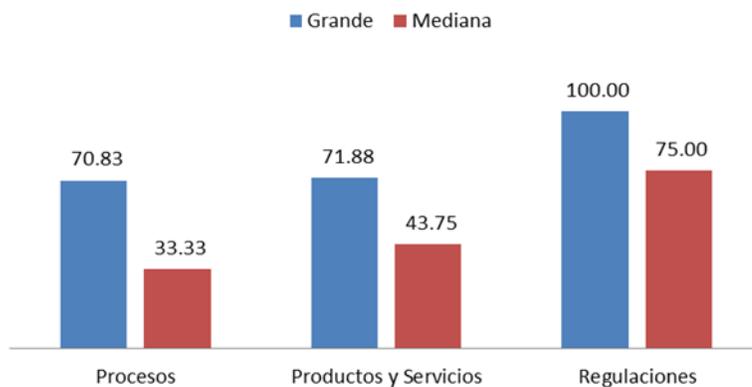


Gráfico 4.38

Fuente: Autor (2015)

De manera más contundente, la gráfica 4.38 nos deja ver también una diferencia en los niveles de madurez de las variables de Prevencción entre las organizaciones Grandes con relación a las Medianas.

## 4.2 Narración y análisis de entrevistas semiestructuradas

A continuación se muestra la transcripción de 4 de las entrevistas más representativas de las organizaciones participantes en el estudio, en ellas se encontrará su descripción y relato.

Para efectos de mantener la confidencialidad se seleccionarán las 4 entrevistas en las que solo se identificará el país y su giro, sin mencionar la actividad ni tamaño, ya que por el tamaño de la muestra podría inferirse entre las empresas participantes y romper nuestro código de confidencialidad. Para lo cual se le asignará el código de una letra (A,B,C,D) a cada una de las 4 seleccionadas.

El encuestador se identificará con las siglas “Inv”.

Tabla de la muestra analizada

Encuestado	País	Giro	Actividad	Tamaño	Empleados
E-1	Costa Rica	Servicios	Servicios Financieros	Grande	De 301 a 1000
E-2	México	Servicios	Electrónica	Grande	Mas de 1000
E-3	Costa Rica	Servicios	Servicios Financieros	Grande	Mas de 1000
E-4	Costa Rica	Servicios	Electrónica	Grande	De 301 a 1000
E-5	México	Manufactura	Electrónica	Grande	Mas de 1000
E-6	Costa Rica	Servicios	Servicios Financieros	Grande	Mas de 1000
E-7	México	Manufactura	Farmacéutico	Grande	Mas de 1000
E-8	Costa Rica	Manufactura	Alimentos y Bebidas	Grande	Mas de 1000
E-9	Costa Rica	Servicios	Electrónica	Mediana	De 101 a 300

### 4.2.1 Entrevista 1: A

Identificador	País	Giro
A	Costa Rica	Servicios

Inv: *Hola buen día listo para la entrevista*

A: *Claro con gusto*

Inv: *Bien quisiera iniciar preguntandote desde tu perspectiva ¿que significa Lean Seis Sigma para tu organización?*

A: *“Bueno creo que para nosotros Lean Seis Sigma mas que una herramienta ha sido toda una cultura de calidad, productividad y servicio al cliente que se ha permeado a todos los niveles de la organización, ha sido toda una filosofía trabajo en la que se identifican desperdicios e ineficiencias en los procesos y su eliminación o reducción de manera sistemática por medio de expertos en la materia denominados Green Belts y Black Belts.”*

Se observa la vinculación del concepto Lean Six Sigma con Calidad, Productividad y Servicio al Cliente, ligado a un nivel de comportamiento organizacional al denominarlo cultura y filosofía de trabajo.

Inv: *Ahora platicame ¿cuáles crees tu que han sido los principales beneficios de Lean Seis Sigma en tu organización?*

A: *“Bueno creo que ha habido muchos beneficios derivado de su aplicación, por un lado los clientes han podido percibir una mejoría en el servicio ofrecido y lo podemos constatar con nuestros resultados de estudios de lealtad y satisfacción de clientes que realizamos anualmente, y esto ha sido principalmente por la reducción de tiempos de ciclo de los principales procesos que tienen contacto con el cliente, además de una reducción en fallas operativas con lo que evitamos molestias y quejas de clientes. Por otro lado los accionistas de la compañía se han visto también beneficiados ya que todos los proyectos Lean Six Sigma a parte de tener un impacto en el servicio al cliente, tienen un impacto en la reducción de gastos operativos o en el incremento de los ingresos de la compañía, lo que se ve reflejado en el estado de resultados de la organización. También los empleados se han*

*visto beneficiados de la estrategia Lean Seis Sigma, ya que se han generado nuevas oportunidades de desarrollo y mayor involucramiento de ellos, así como un reconocimiento por sus logros y aportaciones en sus proyectos de mejora, y esto lo hemos podido constatar con los resultados de clima organizacional en donde los rubros de involucramiento, reconocimiento al personal, enfoque al cliente, enfoque a procesos, enfoque a resultados, se han visto con mejoras significativas”.*

Podemos observar la identificación de clientes, accionistas y empleados como los principales beneficiados de Lean Seis Sigma, y la forma en que se tiene medido ya sea de manera cuantitativa o cualitativa el impacto en cada uno de estos actores de la organización, con temas como, estudios de lealtad y satisfacción de clientes, beneficios en estados de resultados, y estudios de clima laboral.

*Inv: Ahora bien, ¿cuáles crees que sean los factores críticos de éxito de Lean Seis Sigma en tu organización?*

*A: “Bueno, si bien podría identificar algunos factores que han sido fundamentales en la implementación exitosa de Lean Seis Sigma, creo que es importante acotar que Lean Seis Sigma ha sido una estrategia de la organización, y como muchas otras metodologías no es en sí un fin sino un medio, un medio para alcanzar los objetivos estratégicos de la organización, objetivos tales como crecimiento, rentabilidad, sustentabilidad, y es por ello que uno de los principales factores de éxito que puedo identificar de Lean Seis Sigma es precisamente su **alineamiento** con las estrategias de la organización por medio de indicadores de negocio que guíen y den fe de su eficacia y eficiencia. Y para poder hacer este alineamiento sale a relucir el siguiente factor de éxito que es el **involucramiento de la alta dirección**, que en nuestro caso ha sido un tema fundamental ya que el CEO en persona ha estado involucrado tanto en el diseño, implementación y seguimiento de toda la estrategia Lean Seis Sigma, y lo ha permeado a toda la organización dándole **visibilidad** al más alto nivel, que es otro de los factores críticos de éxito desde mi perspectiva, la visibilidad de la*

estrategia de Lean Seis Sigma mediante todo un programa de comunicación interna de indicadores, planes y resultados. Otro factor de éxito ha sido el **reconocimiento del personal**, ya que como parte de la estrategia Lean Seis Sigma se tiene un presupuesto autorizado para la premiación de los mejores proyectos mediante un concurso anual en el cual se evalúa lo complejo del problema que se solucionó, la eficacia de su solución mediante la correcta aplicación de la metodología Lean Seis Sigma, y el impacto en beneficios a la empresa. Sin duda también otro factor crítico de éxito ha sido la **formación del personal**, ya que son ellos los que realizan los proyectos de mejora mediante la correcta aplicación de la metodología Lean Seis Sigma, es por ello que la organización no ha escatimado en presupuesto para la formación de estos especialistas que la metodología denomina *Black Belts*, para lo cual se han contratado consultores especializados y reconocidos en la materia para tal fin o en su defecto se ha mandado capacitar al personal a instituciones de prestigio con el fin de asegurar la mayor competencia del personal. Posteriormente estos *Black Belts* formados externamente son los encargados de formar internamente a los denominados *Green Belts*. Otro factor de éxito importante de mencionar es la integración de Lean Seis Sigma a nuestro **Sistema de Gestión de Calidad**, con el cual podemos sistematizar la mejora continua mediante políticas y procedimientos que dan gobierno a la metodología y filosofía Lean Seis Sigma, esta ha hecho, con palabras textuales de nuestro CEO, “que Lean Seis Sigma se ponga en las venas de la organización”. Por último creo que uno de los factores decisivos de éxito de Lean Seis Sigma ha sido la utilización de **Tecnologías de Información** como medio de soporte, tecnologías tales como software especializados para el análisis estadístico, modelado, simulación y optimización de procesos, así como de gestión de proyectos; pero más aún la integración de modelos de datos que almacenen información de los procesos tipo *Data Warehouse* y motores de análisis de datos tipo *Business Intelligence*, ya que el 80% del tiempo de los proyectos de mejora es consumido por la

*etapa de Medición y Análisis, y el no tener estas tecnologías hace proyectos tan demorados que en ocasiones ya cuando se acaba de analizar la información del proyecto probablemente el problema ya mutó derivado del dinamismo del negocio y su entorno”.*

Claramente en este discurso podemos identificar los principales factores críticos de éxito mencionados por el encuestado que son el Alineamiento, Involucramiento de la Alta Dirección, Visibilidad, Reconocimiento del personal, Formación del Personal, Sistema de Gestión de Calidad, y Tecnologías de Información. En donde se destacan factores no identificados en el marco teórico de esta investigación tales como Visibilidad, Reconocimiento del Personal y Tecnologías de Información.

#### **4.2.2 Entrevista 2: B**

<b>Identificador</b>	<b>País</b>	<b>Giro</b>
B	Costa Rica	Manufactura

*Inv: Hola buen día, de antemano gracias por la entrevista, ¿podríamos iniciar?*

*B: Al contrario gracias por tomarnos en consideración, claro iniciemos.*

*Inv: Para iniciar quisiera preguntarte desde tu perspectiva ¿qué significa Lean Seis Sigma para tu organización?*

*B: Pues mira para nosotros Lean Seis Sigma significa una poderosa metodología de mejora capaz de reducir desperdicios y variación en los procesos en cada una de las etapas de la cadena de suministro, desde el diseño de productos, la adquisición de materiales y componentes, la*

*fabricación de ensamblajes, sub-ensamblajes y producto terminado, hasta los procesos de logística y distribución.*

Se observa la relación del concepto de Lean Seis Sigma con los de Desperdicios y Variación en los procesos y la acotación de los mismos a la cadena de suministros, dejando de lado otros procesos de negocio de la organización como podrían ser comercialización, Crédito y Cobranza, Presupuestos y Gestión Financiera, Tesorería, Contabilidad, etc.

Inv: *Y ¿cuáles crees tu que han sido los principales beneficios de Lean Seis Sigma en tu organización?*

B: *“Pues creo que los principales beneficios se han visto reflejados en la mejora de la calidad mediante la reducción de defectos en los productos derivado de la aplicación de técnicas como AMEF y Poka Yoke, lo que han generado ahorros por garantías reprocesos y desperdicios de materiales; también en la reducción de inventarios tanto de materia prima como de producto en proceso y producto terminado mediante la aplicación de herramientas como Value Stream Mapping y Kanban; en la reducción de tiempos de ciclo de los procesos con el uso de metodologías Just in Time y Manufactura Celular, la reducción de costos de mantenimiento con el uso de herramienta de Mantenimiento Productivo Total, la reducción de sobre inspecciones y pruebas con el uso de Control Estadístico de Procesos, y en general reduciendo problemas de variación en los procesos mediante el uso de proyectos DMAIC de Seis Sigma”.*

Podemos identificar al cliente y a los accionistas como principales beneficiarios de la estrategia derivado de la mejora en tiempos de entrega, reducción de costos operativos por la reducción de defectos, reprocesos, mantenimiento, y posibles mejoras en retorno de inversión por reducción de activos por temas de inventarios. De igual forma se puede observar una clara vinculación de cada uno de los problemas en los procesos con las herramientas Lean Seis Sigma acordes para la

solución, lo que habla de un claro discernimiento de la organización hacia el uso adecuado de Lean Seis Sigma.

*Inv: De acuerdo a estos beneficios, ¿cuáles crees que sean los factores críticos de éxito de Lean Seis Sigma en tu organización?*

*B: “Creo que han sido varios los factores que han contribuido al éxito de Lean Seis Sigma en nuestra organización, uno de ellos ha sido los **Green Belts y Black Belts** que encabezan los proyectos de mejora, ya que son ellos los encargados de aplicar correctamente la metodología para lograr los objetivos de cada proyecto, otra de los factores de éxito es la **planificación de la mejora continua**, ya que el solo hecho de realizar proyectos de manera aislada podría no genera los impactos deseados o priorizados y alineados a los objetivos de la organización, es por ello que cada proceso se tiene medido con niveles sigma su desempeño, y tienen una meta de mejora continua, esto es, que se tienen previamente medidos, analizados y priorizados los procesos para que los Green Belts y Black Belts tengan claridad de que proyectos de mejora se deberán de realizar de acuerdo a las necesidades y prioridades de la organización aterrizada en métricas de desempeño de proceso. Otro factor de éxito ha sido el uso de **software especializado** como apoyo a los proyectos Lean Seis Sigma, software como Minitab y Promodel, han ayudado en gran medida al análisis estadístico y a la optimización de procesos, ya que en nuestro ámbito es importante estar consciente de la complejidad de nuestros procesos y la gran cantidad de variables que los afectan y por ende a nuestros productos, es por ello que pensar que un Green Belt o un Black Belt con la simple herramienta de Excel, por más conocimiento que tenga, pueda realizar análisis y diseño de modelos robustos, es imprescindible el uso de softwares especializado, ya que de lo contrario sería como mandar de cacería a un excelente cazador pero sin arma. Por último y no por eso menos importante, ha sido el gran **apoyo de la gerencia general** dándole visibilidad al más alto nivel al tema de Lean Seis Sigma, ya que ha sido el*

*mismo el que maneja la información de métricas de desempeño en niveles sigma y lo ha permeado a toda la organización, y en las juntas gerenciales siempre se presentan los resultados del programa Lean Seis Sigma”.*

Con el análisis de la narración se puede identificar que los factores críticos señalados por el entrevistado son los Green Belts y Black Belts, Planificación de la mejora continua, Software especializado, y el apoyo de la Gerencia General. Podemos identificar algunas coincidencias con la entrevista previa en temas de la formación del personal, del apoyo gerencial y el uso de software especializado, sin embargo sale a relucir una nueva variable como factor crítico de éxito, que es la planificación de la mejora continua por medio de indicadores de desempeño de los procesos medido en niveles sigma, lo que ayuda a validar el marco teórico en temas de Seis Sigma.

#### **4.2.3 Entrevista 3: C**

<b>Identificador</b>	<b>País</b>	<b>Giro</b>
C	México	Servicios

Inv: *Buen día gracias por el espacio, ¿listo para la entrevista?*

C: *Claro adelante iniciemos*

Inv: *La primera pregunta es, desde tu perspectiva ¿qué significa Lean Seis Sigma para tu organización?*

C: *“Para nosotros Lean Seis Sigma es una metodología estructurada para dar solución a problemas complejos mediante el uso de la estadística aplicada, con la cual se identifican las causas de variación en los procesos y sus principales desperdicios, y se diseñan mejoras tanto en los servicios como en los procesos que los generan. Es considerada una metodología de alto impacto en los resultados del negocio y que no se limita a los procesos CORE de la organización, sino a cualquier proceso que requiera ser*

*mejorado, lo que hace a Lean Seis Sigma una metodología muy versátil y de múltiple aplicación en toda la organización, que si bien no es una metodología sencilla y de fácil aplicación por cualquier personal de la organización, utilizada y aplicada correctamente por personal especializado genera mejoras drásticas con grandes beneficios para la organización”.*

Se logra observar un énfasis en la diversidad de la aplicación de Lean Seis Sigma en la organización a diferencia de otras entrevistas, aunado al comentario de lo potente de la metodología pero también aparece el término de “complejidad” en su aplicación por personal especializado.

*Inv: Ahora cuéntame ¿cuáles crees tú que han sido los principales beneficios de Lean Seis Sigma en tu organización?*

*C: “Pues los principales beneficios los podemos ver traducidos en la reducción de tiempos de procesos, ya que con Lean principalmente hemos podido identificar y eliminar de manera sistemática todas aquellas actividades que no agregan valor al proceso mediante el rediseño de los mismos, utilizando algunas variantes de Lean como lo son Lean Service o Lean Office, que ayudan a contextualizar algunas herramientas diseñadas para manufactura, a la realidad de servicio. Después de la reducción de tiempos otro de los beneficios ha sido la disminución o en algunos casos la erradicación de fallas en los procesos de servicio mediante proyectos DMAIC, otro de los beneficios han sido la reducción de quejas de clientes, ya que por distintos proyectos Lean Seis Sigma se ha logrado mejorar la percepción de los clientes, y por último, y para nada despreciables, han sido los beneficios económicos, ya que en promedio cada proyecto de mejora acarrea impactos financieros del margen de los 30 mil dólares anuales, ya que cualquiera de las mejoras realizadas tiene un impacto ya sea en reducción de gastos operativos o en el incremento de ingresos. Por otro lado también es importante mencionar que ha ayudado en temas contractuales ya que nuestro cliente principal nos requiere por contrato el*

*contar con la metodología Lean Seis Sigma para la atención y solución de sus problemas”.*

En esta entrevista como podemos observar destaca a diferencia de las demás el tema de Lean Seis Sigma como requisito contractual, y las variantes de Lean Service y Lean Office, además se reitera el tema de reducción de tiempos en los procesos, la reducción de fallas y la mejora en la satisfacción de clientes.

*Inv: La siguiente pregunta sería, ¿cuáles crees tú que sean los factores críticos de éxito de Lean Seis Sigma en tu organización?*

*C: “Pues ahora que lo preguntas creo que puedo identificar cuáles han sido nuestros principales factores críticos de éxito en el tema de Lean y Seis Sigma, uno de ellos ha sido el conocimiento y experiencia de nuestros **Green Belts y Black Belts**, y su habilidad para identificar problemas y sus causas mediante el uso de la metodología Lean Seis Sigma, otro factor importante creo que ha sido la metodología de **gestión de proyectos** basada en el PMBOK, ya que de lo contrario el seguimiento y la gestión de los proyectos de mejora sería un caos aunado a toda la operación del negocio, también como factor de éxito puedo incluir el **apoyo del Director General** que en todo momento ha estado involucrado y ha aportado recursos al programa Lean Seis Sigma, y más importante aún, el seguimiento necesario para que el programa no quede como una estrategia más. También es importante mencionar que uno de los factores que ha beneficiado al programa Lean Seis Sigma ha sido el **apoyo del corporativo**, por medio de asesoría y seguimiento a todo el programa, y en especial a los proyectos de mayor impacto a la organización”.*

A diferencia de otras entrevistas, en esta se observa la Gestión de Proyectos y el apoyo del Corporativo como factores críticos de éxito de Lean Seis Sigma, y se reitera el tema del apoyo de la gerencia como en entrevistas pasadas, así como la competencia del personal Green Belt y Black Belt.

#### 4.2.4 Entrevista 4: D

Identificador	País	Giro
D	México	Manufactura

Inv: *Que tal buen día gracias por aceptar esta entrevista, ¿podríamos iniciar?*

D: *Claro será un gusto participar en el estudio*

Inv: *Platicanos, desde tu perspectiva ¿qué significa Lean Seis Sigma para tu organización?*

D: *“Bueno trataré de dar una descripción general y posteriormente iré haciendo acotaciones conforme vayamos contextualizando en nuestra organización. Para nosotros Lean Seis Sigma ha sido un tema implícito en nuestra organización desde los inicios de su operación en México, y creo sin temor a equivocarme que Lean Seis Sigma ha tenido dos significados para nuestra organización en especial en nuestro giro, uno de ellos por difícil que sea de creer ha sido un tema de Marketing, ya que varios de nuestros contratos los hemos ganado gracias al prestigio de ostentar una metodología como lo es Lean Seis Sigma en nuestras operaciones ya que para nuestros clientes ese solo hecho les genera confianza y por ende un valor, el otro concepto es el que emana propio de la filosofía y metodología Lean Seis Sigma, que sin ahondar mucho al respecto, se centraría en la generación de flujos de valor en los procesos mediante la identificación y eliminación sistemática de los desperdicios en los procesos, además de la reducción de la variación en los mismos por medio de la identificación de sus causas de manera estadística, y el rediseño de procesos y productos por medio de la generación de modelos matemáticos y estadísticos que sustenten su validez y confiabilidad.*

En esta definición de Lean Seis Sigma llama la atención, la connotación dada al concepto al vincularla con el término de Marketing y valor de marca que genera Lean Seis Sigma, y la forma en que el segmento de mercado de ese tipo de organizaciones le da un valor especial al medio más que al fin, por decirlo de alguna forma, aunque visto desde una perspectiva de sistema, hace todo el sentido del mundo que el cliente le dé un especial valor a la calidad del proceso que en el futuro le asegurará la calidad de sus productos”.

*Inv: Bien ahora nos podrías contar ¿cuáles crees tú que han sido los principales beneficios de Lean Seis Sigma en tu organización?*

*D: “Claro, como es de esperarse, de acuerdo a lo expuesto en la concepción de Lean Seis Sigma de la organización, sus beneficios están dados en esas dos vertientes. Por un lado una de los principales beneficios han sido la facturación lograda por las negociaciones y contratos ganados gracias al manejo de Lean Seis Sigma en nuestras operaciones, que si bien la propia metodología no contempla una certificación en la misma a nivel organización, solo a nivel profesional como lo son las certificaciones Green Belt y Black Belt, muchos de nuestros contratos se evalúan por el porcentaje del personal de planta certificado ante la ASQ como Green o Black Belt, es por ello que es de suma importancia para la organización el mantener estable y en constante crecimiento la plantilla de este personal. Por otro lado los beneficios se ven reflejados ya a nivel más operativo en la reducción de fallas en los procesos y en la reducción de tiempos de ciclo de fabricación, lo que ha generado reducciones significativas en gastos operativos de la organización”.*

Se aprecia por primera vez en las entrevistas un tema Lean Seis Sigma como requisito del cliente ligado a temas contractuales y de facturación, dado la confiabilidad que esto le genera al cliente para depositar en la organización proyectos de gran inversión. También un tema nuevo en la investigación es la certificación ante la ASQ de los Green Belts y Black Belts.

Inv: *Por último, ¿cuáles crees tú que sean los factores críticos de éxito de Lean Seis Sigma en tu organización?*

D: *“Los factores críticos éxito han sido varios, uno de ellos ha sido la importancia y relevancia que se le ha dado a esta estrategia desde la más alta dirección de la empresa, ya que se tiene toda una **estructura organizacional** desde el nivel corporativo hasta el nivel operativo en cada planta en los países donde operamos incluyendo México. Esta estructura consta de un Director de Lean Seis Sigma que reporta al CEO, 4 Global Master Black Belt que atienden distintas zonas a nivel mundial y le reportan al Director Lean Seis Sigma, y al menos un Master Black Belt por país que se encarga de entrenar y asesorar a todos los Black Belts de sus plantas. Aunado a esto, y como una fuerte estrategia de **involucramiento del personal**, el CEO ha decretado que uno de los requisitos fundamentales para ser Director de alguna de las plantas de la organización es contar con la Certificación como Black Belt. Este solo hecho ha generado grandes cambios en la organización, ya que son los mismos directores de planta los que hablan un idioma de Lean Seis Sigma y lo permean a toda la planta mediante estrategias y filosofías de trabajo con este enfoque. Otro factor de éxito ha sido la **estandarización y homologación de la metodología** y las certificaciones mediante un organismo externo reconocido a nivel internacional como lo es la ASQ, ya que si bien, desde mi óptica muy personal, no es el mejor estándar o la mejor asociación, si nos ha brindado una plataforma tanto para reclutar, como para capacitar y certificar personal bajo esta metodología”.*

En esta entrevista destaca, a diferencia de las demás, la estructura organizacional respecto a Lean Seis Sigma desde el nivel corporativo hasta el nivel de planta, así como la rigurosidad respecto al involucramiento de la alta dirección al estipular como un requisito para ser Director de Planta la certificación como Black Belt.

## **CAPITULO 5. RESULTADOS.**

En este capítulo se presentan los resultados de la investigación dando respuesta tanto a la pregunta general como a las particulares con el resultado del análisis de información del capítulo anterior.

### **5.1 RESULTADOS DE LA PREGUNTA GENERAL**

¿Cuál ha sido el impacto que ha tenido la metodología Lean Six Sigma en organizaciones latinoamericanas?

Después del análisis de información se concluye que las organizaciones latinoamericanas que han adoptado la metodología Lean Six Sigma han tenido un impacto en las siguientes variables de negocio:

#### **a) Reducción de costos operativos**

El 56% de las organizaciones investigadas reportaron una reducción en sus costos operativos derivado de las mejoras realizadas en sus procesos, productos y servicios con la metodología Lean y Seis Sigma.

La reducción de costos se ve reflejada principalmente por la optimización de recursos y la eliminación de desperdicios tales como:

- ✓ Mano de obra ociosa
- ✓ Inventarios tanto de materia prima como de producto en proceso y terminado.
- ✓ Materia prima por reprocesos
- ✓ Penalizaciones por incumplimiento de tiempos de entrega
- ✓ Gastos de distribución y almacenamiento
- ✓ Gastos de mantenimiento correctivo de equipo y maquinaria

#### **b) Reducción de tiempos de entrega**

El 33% de las organizaciones investigadas reportaron una reducción en sus tiempos de entrega derivado de reducciones en tiempos de ciclo de sus procesos haciendo uso de la metodología Lean y Seis Sigma.

La reducción de tiempos de entrega se da principalmente por la optimización de procesos con actividades tales como:

- ✓ Eliminación o reducción de cuellos de botella
- ✓ Balanceo de cargas de trabajo
- ✓ Eliminación de actividades que no agregan valor
- ✓ Optimización de Flujo de Trabajo
- ✓ Reducción o eliminación de Lotes de trabajo

**c) Reducción de fallas en procesos, productos y servicios**

El 11% de las organizaciones investigadas reportaron una reducción de las fallas en sus procesos, productos y servicios mediante el uso de la metodología Lean y Seis Sigma.

La reducción de fallas se da principalmente por actividades de prevención, detección y control tales como:

- ✓ Análisis de riesgos operativos
- ✓ Diseño e implementación de controles operativos de prevención y detección de fallas
- ✓ Planes de monitoreo y control estadístico

Además del impacto en estas tres variables de negocio, las organizaciones reportaron beneficios en tres de sus principales partes interesadas como lo son:

### **a) Clientes**

El 45% de las organizaciones investigadas reportaron una mejoría en la percepción de sus clientes derivado de la aplicación de la metodología Lean y Seis Sigma.

Estas mejoras se vieron reflejadas principalmente por:

- ✓ La reducción de quejas de clientes por productos o servicios defectuosos
- ✓ La reducción de quejas por incumplimientos en tiempos de entrega
- ✓ La mejora en el servicio al cliente

### **b) Empleados**

El 33% de las organizaciones investigadas reportaron una mejoría en la percepción de sus empleados derivado de la aplicación de la metodología Lean y Seis Sigma.

Estas mejoras en el clima organizacional se dieron principalmente por:

- ✓ Mayor involucramiento y participación del personal
- ✓ Empoderamiento del personal
- ✓ Mayor y mejor capacitación al personal
- ✓ Desarrollo de personal en base a logros
- ✓ Reducción de la rotación del personal

### **c) Accionistas.**

El 22% de las organizaciones investigadas reportaron una mejoría en la percepción de sus dueños o accionistas derivado de la aplicación de la metodología Lean y Seis Sigma.

Estas mejoras en la percepción de los dueños y accionistas se dieron principalmente por:

- ✓ Incremento en el índice de rentabilidad de las operaciones derivado de la reducción de costos operativos y al incremento de ventas por la reducción de tiempos de entrega.
- ✓ Incremento en el retorno de su inversión derivado de la reducción de inventarios.
- ✓ Incremento en el valor de marca derivado de la mejora en la percepción del cliente.

Por último y sin duda uno de los principales impactos reportados por las organizaciones investigadas fue sin duda el tema de beneficios financieros cuantificables, ya sea en reducción de gastos o incremento de ingresos.

El 100% de las organizaciones encuestadas de tamaño mediano (de 101 a 300 empleados) reportaron beneficios anualizados, derivados de la aplicación de proyecto Lean Seis Sigma, del rango de entre 100 mil y 500 mil dólares.

El 100% de las organizaciones encuestadas de tamaño grande (de 301 a 1000 empleados) reportaron beneficios anualizados, derivados de la aplicación de proyectos Lean Seis Sigma, de más de 500 mil dólares.

El 80% de las organizaciones encuestadas de gran tamaño (de más de 1000 empleados) reportaron beneficios anualizados, derivados de la aplicación de proyectos Lean Seis Sigma, de más de 500 mil dólares.

## 5.2 RESULTADOS DE LAS PREGUNTAS PARTICULARES

### 5.2.1 Pregunta particular 1

¿Cuáles han sido los factores críticos de éxito en el uso y aplicación de la metodología Lean Seis Sigma en organizaciones latinoamericanas?

Después del análisis de información podemos concluir con cuatro principales factores de éxito en el uso y aplicación de la metodología Lean Seis Sigma en las organizaciones latinoamericanas, los cuales son:

#### 1) **Apoyo de la Alta Dirección**

El 62% de las organizaciones encuestadas reportaron como factor crítico de éxito el apoyo de la Alta Dirección en la implementación de la estrategia Lean Seis Sigma.

Dicho apoyo se vio reflejado mediante algunos o varios de los siguientes aspectos:

- ✓ Visibilidad al más alto nivel de los avances y resultados del programa Lean Seis Sigma
- ✓ Asignación de recursos para el programa Lean Seis Sigma
- ✓ Comunicación y concientización a todo el personal de la importancia y pertinencia del programa Lean Seis Sigma

#### 2) **Metas de Mejora**

El 62% de las organizaciones encuestadas reportaron como factor crítico de éxito la definición de Metas de Mejora en la implementación de la estrategia Lean Seis Sigma.

Algunas de las acciones asociadas a este factor crítico de éxito son:

- ✓ Medición del nivel Sigma actual y planificación de su mejora.
- ✓ Plan de incentivos para el incremento en la mejora del nivel sigma
- ✓ Desglose de metas de mejora por proceso, producto o servicio.
- ✓ Comunicación y asignación de metas de mejora a todos los niveles de la organización.

### **3) Uso de Consultores Externos**

El 67% de las organizaciones encuestadas reportaron como factor crítico de éxito el uso de Consultores Externos en la implementación de la estrategia Lean Seis Sigma.

Los principales aportes de los Consultores Externos en la implementación de la metodología Lean Seis Sigma han sido:

- ✓ Capacitación a especialistas en la metodología (Black Belts y Green Belts)
- ✓ Apoyo en la definición de la estrategia de implementación.
- ✓ Asesoría y seguimiento en el plan de implementación y en los proyectos de mejora.

### **4) Uso de Herramientas de Análisis de Información**

El 89% de las organizaciones encuestadas reportaron como factor crítico de éxito, el uso de Tecnologías de Información y Software especializado en análisis de información en la implementación de la estrategia Lean Seis Sigma.

Algunos de los softwares y herramientas de análisis son:

- ✓ Data Warehouse (DWH)
- ✓ Inteligencia de Negocios (BI)
- ✓ Business Activity Monitoring (BAM)
- ✓ Software de Análisis Estadístico (SPC)

## 5) Integración con Sistemas de Gestión de Calidad

El 67% de las organizaciones encuestadas tiene implementado un sistema de gestión de calidad ya sea ISO 9001, ISO/TS 16949, ISO 22001, o ISO 17025 según el giro de sus operaciones, en el cual tienen integrada la metodología Lean Seis Sigma como parte de su sistema de gestión, lo que les ha ayudado a sistematizar y potencializar la mejora tanto de sus procesos como de sus productos y servicios.

### 5.2.2 Pregunta particular 2

¿Cuál es el dominio de las herramientas Lean y Seis Sigma en las organizaciones latinoamericanas?

Después de analizada la información referente al uso y dominio de 10 de las **herramientas Lean** más importantes, podemos identificar tres grupos de herramientas de acuerdo a su utilización y dominio en Alto, Medio y Bajo.

- ✓ Como nivel Alto de uso y dominio podemos identificar Kaizen, Trabajo estándar, Value Stream Mapping (VSM), y Poka Yoke.
- ✓ Como nivel Medio de uso y dominio están las herramientas 5S's, ANDON y SMED.
- ✓ Como el nivel más Bajo de uso y dominio están las herramientas Manufactura Celular, Mantenimiento Productivo Total (TPM), y Kanban.

De igual forma, una vez analizada la información referente al uso y dominio de 16 de las **herramientas Seis Sigma** más importantes, podemos identificar tres grupos de herramientas de acuerdo a su utilización y dominio en Alto, Medio y Bajo.

- ✓ Como nivel Alto de uso y dominio podemos identificar Diagrama de Pareto, Diagrama de Proceso, Diagrama Causa – Efecto, Histograma, y DMAIC.
- ✓ Como nivel Medio de uso y dominio están las herramientas Estadística Descriptiva, Muestreo, Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF), Box Plot, Análisis de Series de Tiempo, y Control Estadístico de Procesos (CEP).
- ✓ Como el nivel más Bajo de uso y dominio están las herramientas Regresiones, Análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R), Diseño de Experimentos (DOE), Análisis de Capacidad de Procesos (Cp & Cpk), y Pruebas de Hipótesis.

### **5.2.3 Pregunta particular 3**

¿Cuál es el nivel de madurez de las organizaciones latinoamericanas respecto a la metodología Lean Seis Sigma?

El nivel de madurez de las organizaciones se midió mediante una escala de 0 a 100, siendo 0 el nivel más bajo de madurez y 100 el más alto.

Esta madurez se midió haciendo uso de las clasificaciones de Etapa, País, Giro y Tamaño.

### 1) Nivel de madurez por Etapa

El nivel de madurez por Etapa se dividió en Planificación, Control, Mejora, y Prevención siendo estos sus resultados:

ETAPA	MADUREZ
Planificación	75.46
Mejora	77.55
Control	68.98
Prevención	70.00

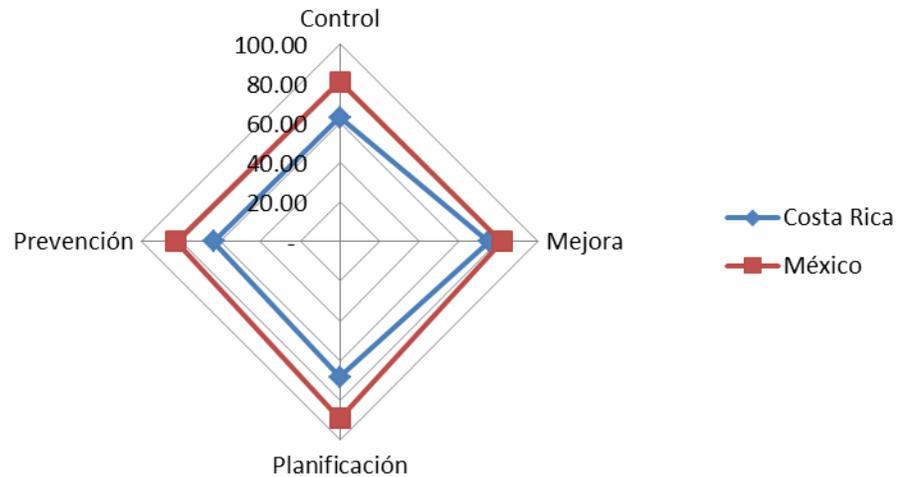
De acuerdo a estos resultados podemos concluir con que la etapa que mayor madurez tiene en las organizaciones estudiadas es la de Mejora, debido principalmente a lo estructurado de la metodología DMAIC y a las exigencias desde la alta dirección por mejorar y generar beneficios de forma acelerada.

Sin embargo Control y Prevención son de las etapas más castigadas en temas de madurez, lo que deja ver que probablemente muchas de las mejoras podrían no llegar a ser sustentables por falta de control, y tal vez las exigencias por mejorar han dejado en segundo término la identificación, análisis y mitigación de riesgos en la operación a fin de prevenir oportunamente desperdicios y fallas en los procesos.

### 2) Nivel de madurez por País

El nivel de madurez por País se dividió en México y Centroamérica, siendo estos sus resultados:

PAÍS	MADUREZ
México	83.70
Centroamérica	67.64

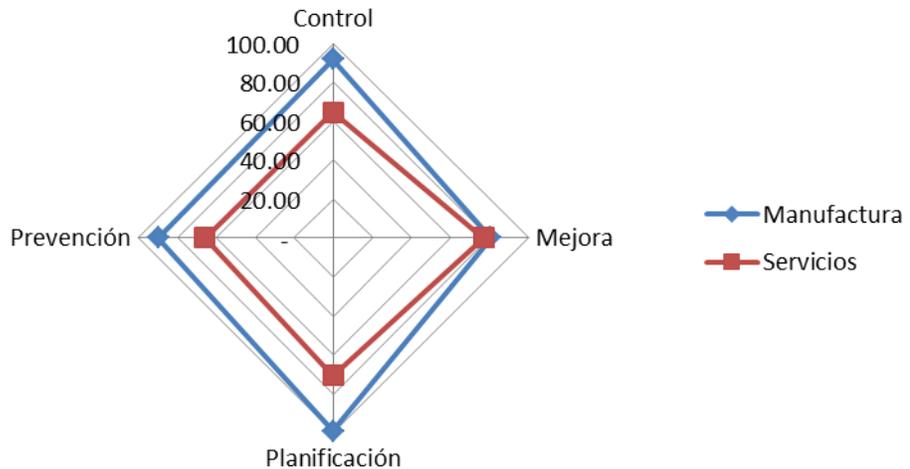


De acuerdo a los resultados podemos concluir que a nivel país el de mayor madurez es México tanto a nivel global como en cada una de las distintas etapas, sin embargo este resultado podría estar sesgado debido a que la mayoría de las organizaciones encuestadas en México fueron de Manufactura y este giro en particular tiene un nivel de madurez muy por encima del giro de servicios, con mayor significancia que entre países.

### 3) Nivel de madurez por Giro

El nivel de madurez por Giro se dividió en Manufactura y Servicios siendo estos sus resultados:

GIRO	MADUREZ
Manufactura	90.32
Servicios	69.53

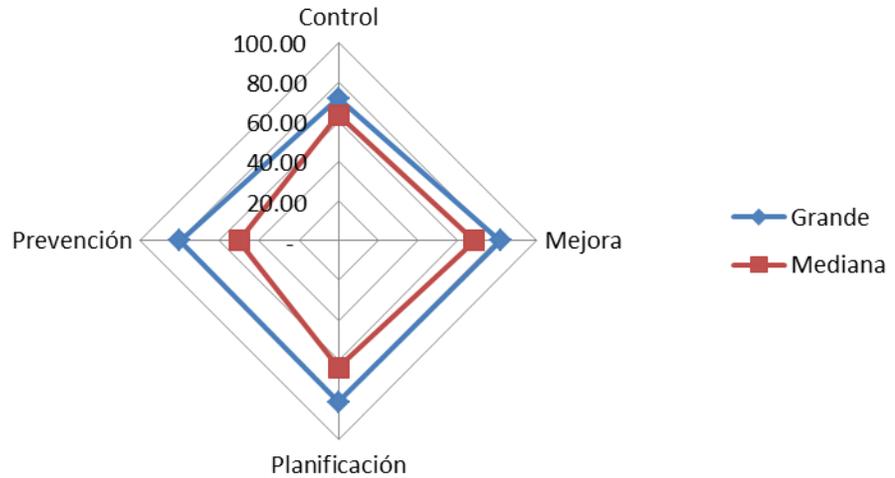


De acuerdo a estos resultados podemos concluir en que el giro de Manufactura sin duda es el de mayor madurez en temas de Lean Seis Sigma, esto probablemente por varios aspectos, uno de ellos claro está que fue precisamente en este giro en donde nació este paradigma de mejora, y tanto los conceptos, metodologías y herramientas fueron inicialmente concebidos para la mejora de la cadena de suministros, y posteriormente se realizaron adecuaciones y aproximaciones a configuraciones de valor distintas dando así cavidad a su aplicación en el giro de Servicios.

#### 4) Nivel de madurez por Tamaño

El nivel de madurez por Tamaño se dividió en Grande y Mediana siendo estos sus resultados:

TAMAÑO	MADUREZ
Grande	78.74
Mediana	61.52



Con estos resultados podemos constatar que las organizaciones de gran tamaño ostentan el mayor nivel de madurez en temas de Lean Seis Sigma, debido principalmente al fuerte apoyo de la alta dirección y al presupuesto asignado en organizaciones de este tamaño, lo que les permite generar estructuras organizacionales robustas dedicadas 100% a la mejora de procesos, productos y servicios.

## CONCLUSIONES

La investigación ha sido por demás enriquecedora e interesante, ya que nos ha permitido echar un vistazo a las entrañas de las organizaciones tanto mexicanas como latinoamericanas y poder analizar sus modelos operacionales, sus estrategias de mejora, y tangencialmente su cultura organizacional como piedra angular de la mejora continua.

Con esta investigación se pudo constatar y validar tanto los marcos conceptuales como metodológicos de Lean Seis Sigma, que si bien no son aplicados al pie de la letra tal y como lo estipulan los creadores del paradigma, estos han sido eficaces en su aplicación en el contexto latinoamericano generando beneficios tangibles para las organizaciones.

De igual forma el estudio de la aplicación de Lean Seis Sigma mediante el análisis de su modelo de madurez desarrollado en el proceso de la investigación nos ha permitido dejar al descubierto aquellas fortalezas y debilidades en su aplicación segmentado en las etapas de Planificación, Control, Mejora, y Prevención.

Iniciaremos con el concepto de “Lean Manufacturing”, o Manufactura Esbelta por sus siglas en inglés, para Latinoamérica haciendo una comparación entre lo descrito por Taiichi Ohno (1998), en su publicación Toyota Production System, y lo observado en las organizaciones Latinoamericanas estudiadas.

Ohno (1998) describe a “Lean Manufacturing” como un sistema de producción que responde sin desperdicios a los cambios del mercado y que, adicionalmente, por su propia naturaleza reduce los costos. Su principal enfoque es en la generación de valor mediante la generación de flujo continuo a lo largo de toda la cadena de suministro.

Podemos concluir que las organizaciones latinoamericanas han sabido aplicar bien estos principios logrando grandes beneficios en la reducción de desperdicios en sus procesos, generando ahorros y reducción de tiempos de

entrega principalmente por la reducción de inventarios y reprocesos en sus operaciones.

Esto lo han logrado gracias a la formación de personal clave en la organización quienes han desarrollado proyectos de mejora identificando procesos críticos y aplicando en ellos las herramientas “Lean”. Estos proyectos han sido normalmente rápidos de aplicar ya que los principios y herramientas “Lean” no son para nada complejas y son fáciles de aplicar.

Sin embargo “Lean” tal y como lo concibe Ohno (1998), más que una metodología con herramientas es una filosofía de trabajo la cual busca la perfección en las operaciones del negocio mediante la identificación y eliminación sistemática de los desperdicios en los procesos, y es precisamente ahí donde las organizaciones latinoamericanas fallan en la aplicación de “Lean”, ya que si bien eliminan desperdicios y generan flujo en los procesos, esto lo hacen de manera esporádica y aislada por proyectos de mejora, y no involucran a todo el personal de la organización, ni lo hacen de manera sistemática.

Uno de los principales obstáculos para la implementación de “Lean” en las organizaciones latinoamericanas ha sido sin duda la cultura del personal, ya que la filosofía “Lean” se basa en el empoderamiento y confianza en el personal, definiendo instrucciones y estándares de trabajo claros, y concientizando al personal de la importancia y pertinencia de su cumplimiento, y confiando así en que el personal los seguirá al pie de la letra. Sin embargo en la cultura latina no siempre es así, por lo que muchas veces es necesario implementar inspecciones, supervisión y seguimiento a las actividades del personal, lo que genera la inclusión de actividades que no agregan valor y por lo tanto propician procesos lentos y costosos.

Otro de los obstáculos identificados en la implementación de “Lean” es la falta de un real enfoque de procesos en las organizaciones latinoamericanas, ya que como se mencionó con anterioridad, uno de los principios de “Lean” es la generación de flujo de valor en los procesos mediante la eliminación sistemática

de desperdicios, y si bien se pudo identificar un incipiente enfoque de procesos, estas organizaciones siguen gestionándose por áreas funcionales, de forma más marcada en empresas de servicios, probablemente por la falta de claridad en la identificación de proceso clave, a diferencia de las de manufactura, en las que el modelo de cadena de suministro les da un buen marco de referencia para esta identificación.

Ahora continuando con la validación de marcos conceptuales y metodológicos toca el turno a Seis Sigma, en donde de igual forma haremos una comparación de lo descrito por los creadores del paradigma, en este caso Bob Galvin CEO de Motorola en 1980, citado por Pyzdek (2003), y lo observado en las organizaciones investigadas respecto a su concepción y aplicación.

Pyzdek (2003) define a Seis Sigma como una aplicación rigurosa, enfocada y altamente efectiva de los principios y técnicas probadas de calidad, haciendo uso de técnicas estadísticas para la reducción de la variación en los procesos, su principal aportación se basa en la integración de estas en una propuesta de modelo de mejora denominado DMAIC, por sus siglas en inglés Definir, Medir, Analizar, Mejorar, y Controlar. Con este enfoque, el rendimiento de una empresa se mide por el nivel sigma de sus procesos de negocio.

Al respecto podemos concluir que Seis Sigma y su metodología DMAIC ha sido aplicada exitosamente en proyectos de mejora por organizaciones latinoamericanas, generando grandes beneficios en la identificación de causas y reducción de variación en sus procesos. Estos beneficios se han visto reflejados principalmente en la reducción de gastos operativos por la reducción de fallas en los procesos, productos y servicios.

El estudio también nos ha dejado ver que, si bien cuando se aplica la metodología DMAIC se hace de forma correcta y con grandes beneficios, esta no siempre se aplica de manera sistemática, ya que el estudio no pudo evidenciar la claridad con la que las organizaciones identifican sus problemas, como los priorizan, ni de cómo les asignan sistemáticamente proyectos de mejora.

Por otro lado, se pudo constatar que el apoyo de la alta dirección ha sido una constante en todas las organizaciones estudiadas, lo que les ha permitido darle visibilidad y recursos a la estrategia de mejora, siendo este uno de los principales factores críticos de éxito para la implementación de Seis Sigma.

Otras de las debilidades identificadas en la aplicación de Seis Sigma en las organizaciones latinoamericanas es la falta de un gobierno de mejora con políticas y procedimientos que asegure la correcta aplicación de la metodología Seis Sigma de manera alineada a las estrategias de la organización, ya que se observó que su base está mayormente sustentada únicamente en la competencia de sus especialistas de mejora, los denominados por la metodología como Green Belts y Black Belts, lo cual es un riesgo para la sustentabilidad de la mejora, y pérdida de buenas prácticas por la falta de gestión del conocimiento organizacional.

La planificación de la mejora se identifica también como otra de las debilidades de estas organizaciones en la implementación de Seis Sigma, ya que uno de los principios de la metodología, como lo vimos con anterioridad, es la medición del rendimiento de una empresa por niveles sigma, sin embargo fueron pocas las organizaciones que miden su desempeño de esta forma, y de hacerlo lo hacen únicamente de algunos procesos o productos específicos, ninguna a nivel empresa.

Y debido precisamente a que no se tiene una medición del desempeño a nivel empresa con niveles sigma, mucho menos se podría hablar de un plan de mejora del desempeño en busca de la excelencia, tal y como lo define la metodología, la cual busca utópicamente un nivel 6 Sigma o 3.4 Defectos por Millón de Oportunidades.

Otro factor importante identificado en la investigación es la tendencia a un enfoque reactivo de las organizaciones más que un enfoque proactivo respecto a la mejora, ya que si bien se realizan proyectos de mejora con la metodología DMAIC, estos van encaminados principalmente a la corrección y a la eliminación de causas que generan las fallas en los procesos, dejando en segundo plano el

enfoque de la prevención, tomando acciones de manera preventiva en el diseño y rediseño de los productos, procesos y servicios, a fin de identificar sus potenciales riesgos y poder tomar acciones que mitiguen o eliminen su ocurrencia.

De igual forma se puede observar un enfoque reactivo en las organizaciones no solo en la incipiente toma de acciones para prevenir la ocurrencia de fallas en los procesos, sino también en las pocas acciones para la detección oportuna de estas fallas, ya que son pocas las organizaciones que tiene monitoreados sus procesos con información en tiempo real haciendo uso de control estadístico de proceso para identificar oportunamente causas asignables, tal y como lo indica la metodología Seis Sigma.

Ligado a este tema de monitoreo de procesos en tiempo real, resulta concluyente en esta investigación la importancia del uso de la adecuada tecnología de información para la gestión de la mejora en los procesos en una estrategia Seis Sigma, ya que se vuelve un factor clave éxito la extracción, procesamiento, reporte y análisis de información en el menor tiempo posible, debido a que el 80% del tiempo de realización de un proyecto de mejora DMAIC, lo consumen las etapas de Medición y Análisis. Tecnología tal como “Data Warehouse, Business Intelligence, y Business Activity Monitoring”.

Por ultimo uno de los factores claves de éxito en la implementación de “Lean Seis Sigma” en las organizaciones estudiadas ha sido sin duda la integración de esta metodología con un sistema de gestión de calidad tipo ISO 9001, que les ha ayudado tanto a la etapa de Planificación, como a las de Control, Mejora, y Prevención. Esto debido a su estructura con enfoque al cliente, basada en procesos, toma de decisiones basadas en hechos, gestión de riesgos, mejora continua, y sobre todo liderazgo de la alta dirección.

Podríamos entonces decir a manera de conclusión general, que Lean Seis Sigma en las organizaciones latinoamericanas en los últimos años ha tenido excelentes resultados, principalmente en temas de reducción de costos

operativos, reducción de tiempos de ciclo de sus procesos, mejora de la satisfacción de clientes.

Los beneficios reportados por estas empresas han sido del orden de 100 a 500 mil dólares anualizados para las empresas medianas, de más de 300 a 500 mil dólares anualizados para las grandes, y de más de 500 mil dólares anualizados para las de gran tamaño.

Los principales factores críticos de éxito identificados para la implementación de esta metodología han sido:

- Apoyo y liderazgo de la alta dirección
- Integración de la metodología con Sistemas de Gestión de Calidad
- Uso de Tecnologías de la Información para la extracción y análisis
- Capacitación y formación del personal en la metodología.

Con esto podemos demostrar que “Lean Seis Sigma” es una excelente opción para empresas latinoamericanas que busquen mejorar la eficiencia de sus operaciones, su competitividad y, y por qué no, la sustentabilidad de su organización.

## **PROPUESTAS**

El objetivo de esta investigación fue dar cuenta del impacto de Lean Six Sigma en organizaciones latinoamericanas y sus factores críticos de éxito, ha sido por demás interesante haber podido identificar los principales beneficios que les ha generado la aplicación de esta metodología como estrategia de mejora a las organizaciones estudiadas.

Debido a que la metodología de investigación utilizada para este estudio fue la hermenéutica, estos resultados pretenden ser un medio de reflexión sobre lo que pudiera ser una nueva percepción de estas metodologías en Latinoamérica, principalmente con la identificación y discusión realizada sobre los factores críticos de éxito en su implementación, pudiendo ser marco de referencia para futuras implementaciones.

A partir del análisis realizado, tanto de marcos teóricos como de la experiencia y resultados de las organizaciones investigadas, y con el objetivo de la generación de conocimiento a partir de planteamientos específicos, se realizan una serie de propuestas enfocadas a directivos o empresarios, profesionistas de calidad o productividad, e instituciones educativas.

Para fines prácticos, se dividen las propuestas de acuerdo a los actores que están en condiciones de llevarlas a cabo, en función del contexto propio de su rol.

### **Directivos o Empresarios**

El estudio en cierta medida puede demostrar que el apoyo y liderazgo de la alta dirección en una estrategia de mejora Lean Seis Sigma, es vital para su exitosa implementación para la generación de mejoras tangibles para la organización. De lo anterior se desprenden dos recomendaciones específicas para Directivos o empresarios que quieran implementar un modelo de mejora basada en esta metodología.

La primera recomendación es respecto al tema de la Planificación, ya que uno de los principios en los que está basada esta metodología es el enfoque al cliente, centrado en las personas, y orientación a procesos. Es importante que en el proceso de planificación de su organización estén implícitos estos principios.

El primero de ellos, el enfoque al cliente, se puede aterrizar mediante la claridad en la identificación de los distintos segmentos de clientes que atiende la organización y los requisitos y expectativas de cada uno de ellos, a fin de poder generar estrategias específicas de enfoque al cliente que detonen objetivos y metas que serán la entrada para el proceso de mejora bajo la metodología Lean Seis Sigma.

Por otro lado la gestión centrada en las personas parte de la premisa de que indistintamente de las diferentes variables que afectan la calidad de los procesos, son las personas quienes los ejecutan, controlan y mejoran. Por ello la importancia de generar planes y estrategias específicas para el desarrollo humano, incluyendo tanto aspectos procesales del factor humano como lo son el reclutamiento, selección, capacitación, supervisión, reconocimiento, y desarrollo; como aspectos de gestión del conocimiento, empoderamiento, clima y cultura organizacional.

En relación al tema de la orientación a procesos, es imprescindible migrar de una administración funcional basada en departamentos o gerencias, a un enfoque basado en procesos, entendido como la secuencia lógica de flujo de trabajo necesario para entregar un producto o servicio al cliente, ya que son precisamente estos procesos y no las áreas los que generan los productos o servicios que ofrece la organización.

Es importante mencionar que no es tema fácil de realizar, debido a que no solo tiene implicaciones en el modelo de gestión de la organización, sino también en la forma de pensar y actuar del personal, pero quién más que la alta dirección para su implementación desde la planificación.

El primer aspecto en el enfoque de proceso es la identificación de los procesos de la organización, así como su secuencia e interacción, a fin de entender la lógica completa del modelo de negocio de la empresa, y poderla alinear a la estrategia.

Para esta identificación de procesos, o también llamada “Arquitectura de Procesos”, existen distintos marcos de trabajo que se pueden utilizar como referencia, que van desde lo más detallado y robusto con propuestas de procesos por tipo de organización y su giro, tal es el caso del PCF de la APQC, por sus siglas en inglés (Marco de Trabajo de Clasificación de Procesos del Centro Americano de la Calidad y Productividad), hasta marcos de trabajos más genéricos donde solo dan criterios para la clasificación de procesos en Estratégicos, Operativos, y de Soporte.

Cualquiera que sea el marco de trabajo utilizado, o incluso un desarrollo propio, la Arquitectura de procesos debe reflejar la realidad operativa de la organización, ya que a partir de ella se generará el catálogo de procesos que serán la entrada para la estrategia de mejora bajo la metodología Lean Seis Sigma.

Una vez definido y validado el catálogo de procesos de la organización por la alta dirección, se deberá de medir el desempeño de cada uno de estos procesos en términos de niveles sigma tal y como lo marca la metodología, previo a esto es importante hacer una clasificación y priorización de los procesos, ya que de acuerdo al tamaño y complejidad de la organización, el catálogo de procesos puede ser muy grande y abriría la posibilidad de hacerse en distintas etapas de acuerdo a las prioridades marcadas por la estrategia misma.

Una vez medido el desempeño de los procesos la alta dirección deberá de definir metas de mejora para cada uno de ellos en términos de niveles Sigma, lo cual generará un plan de mejora continua y el detonador de los proyectos y estrategias de Mejora con la metodología Lean Seis Sigma.

Ahora bien como segunda recomendación para Directivos o Empresarios, es el tema de Seguimiento a la estrategia o programa Lean Seis Sigma, bajo la premisa de que instrucciones giradas y no supervisadas son mal realizadas, el tema de seguimiento se vuelve crucial en el éxito de la estrategia de mejora.

Como tema de Seguimiento lo podemos descomponer en tres aspectos principales, medición, escalamiento, y visibilidad de los resultados de Lean Seis Sigma en la organización.

En el primero de ellos la Medición, es importante tener mediciones del avance en los proyectos y acciones de la estrategia o programa Lean Seis Sigma de acuerdo a los planes de mejora de cada proceso, para identificar oportunamente atrasos o incumplimiento de los mismos. Estas mediciones deberían de hacerse a intervalos planificados y dejando los registros necesarios como evidencia para su posterior análisis.

En el segundo de ellos el Escalamiento, se deberá de definir una matriz de escalamiento para el caso de atrasos o incumplimientos de la estrategia o programa Lean Seis Sigma identificados derivado de las mediciones, para la oportuna toma de acciones a los niveles pertinentes de la organización, esto debería de incluir tanto a los niveles de supervisión más bajos como hasta la alta dirección, a fin de asegurarse el cumplimiento de la estrategia.

El tercero, el tema de Visibilidad, no menos importante que los anteriores, es el hecho de darle visibilidad a los resultados de la estrategia o programa Lean Seis Sigma al más alto nivel. El cual busca darle la importancia necesaria al tema desde la alta dirección y hacerle ver a toda la organización que es un tema pertinente e importante para el negocio.

Esto puede realizarse de distintas maneras y con distintas acciones, una de ellas es la implementación de políticas de mejora desde la alta dirección que enfoquen a toda la organización a trabajar bajo los principios de la metodología Lean Seis Sigma.

Otro es la generación de objetivos y metas de la estrategia o programa Lean Seis Sigma, y su delegación a los distintos niveles de la organización, ligado a la medición y evaluación de desempeño del personal, y de tenerse, a los respectivos planes de bonos o incentivos.

Por último es el seguimiento mismos de los resultados de la estrategia o programa Lean Seis Sigma por parte de la alta dirección por medio de sesiones o reuniones directivas en donde los responsables de cada proyecto o estrategia presente los resultados y exponga de manera argumentada los atrasos o incumplimientos de así suscitarse. Para que de primera mano por parte del director se tomen las medidas necesarias o de ser necesario la asignación de recursos para que se cumpla la estrategia.

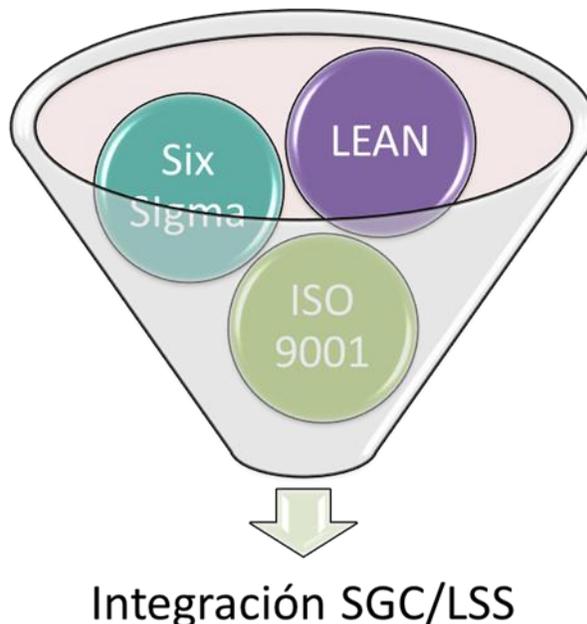
### **Profesionistas de Calidad o Productividad**

Sin duda los profesionistas en calidad y productividad son el motor que mueven la estrategia y el programa Lean Seis Sigma en las organizaciones, ya que son ellos precisamente los especialistas en el tema mezclando la teoría con la práctica de la metodología, por lo que partiendo de este supuesto mis recomendaciones serán totalmente enfocadas a temas estratégicos sobre la implementación de la metodología, más que a temas operativos o de herramientas.

La primera de ellas está enfocada a la generación de gobernabilidad en la mejora mediante la integración de la metodología Lean Seis Sigma y algún sistema de gestión de calidad como lo podría ser ISO 9001, sin que esto signifique una certificación en éste, de no tenerse actualmente, simplemente como medio de generación de gobierno en temas de procesos y mejora, ya que precisamente este sistema de gestión en su versión 2015, comulga de muy buena manera con Lean Seis Sigma al tener el mismo enfoque de procesos, al cliente, y de mejora continua.

El hecho de la generación de gobierno en temas de Lean Seis Sigma mediante la integración con un sistema de gestión, está encaminado a la generación de políticas, procedimientos, y más aún, la sistematización de la metodología, ya que ésta carece en sus fundamentos de éstos, debido precisamente a que está concebida como metodología y no como un sistema de calidad.

A continuación se presenta una propuesta de integración de la metodología Lean Seis Sigma a los requisitos de un Sistema de Gestión de Calidad basado en la norma ISO 9001:2015.



(Propuesta del autor)

Esta propuesta se basa en la descripción de los siete requisitos de la norma ISO 9001 en su versión 2015, y la identificación de las herramientas básicas de Lean Seis Sigma que se podrían integrar en cada uno de estos requisitos, así como una justificación de manera argumentada sobre su clasificación en cada uno de ellos.

La siguiente tabla muestra los siete requisitos de la Norma ISO 9001 y las distintas herramientas tanto “Lean” como “Seis Sigma” que se proponen para su integración.

ISO 9001: 2015	LEAN	SIX SIGMA
4. Contexto de la Organización	<ul style="list-style-type: none"> <li>Value Stream Mapping</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>VOC</li> <li>CTQ's</li> <li>SIPOC</li> <li>Process Flow Mapping</li> </ul>
5. Liderazgo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Customer Focused</li> <li>People centered</li> <li>Process Oriented</li> </ul>	
6. Planificación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hoshing Kanri</li> <li>Goals: Safety, Quality, Cost, Lead Time, Environment, Morale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>FMEA</li> </ul>
7. Soporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>5S</li> <li>Visual Management</li> <li>TPM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Training plan: Green Belt's &amp; Black Belt's</li> <li>MSA</li> </ul>
8. Operación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Takt Time</li> <li>Pull System</li> <li>One-Piece-Flow</li> <li>Kanban</li> <li>SMED</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SPC</li> <li>Cp &amp; Cpk</li> </ul>
9. Evaluación del desempeño	<ul style="list-style-type: none"> <li>ANDON</li> <li>Poka Yoke</li> <li>7 Wastes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DPMO's, Sigma Level</li> <li>Cause – Effect</li> <li>Hypothesis Testing</li> <li>Multivariate Analysis</li> </ul>
10. Mejora	<ul style="list-style-type: none"> <li>PDCA</li> <li>5 Why</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DMAIC</li> <li>DOE</li> <li>Regression</li> </ul>

(Propuesta del autor)

En el primer requisito denominado Contexto de la Organización, la norma ISO 9001 requiere la identificación de las partes interesadas de la organización y sus necesidades, para lo cual podemos hacer uso de las herramientas Seis Sigma Voz del Cliente y Crítico para la Calidad, por sus siglas en inglés (VOC & CTQ's), las cuales buscan identificar la necesidades del cliente y traducirlas en requisitos de procesos, y productos o servicios.

Este requisito la norma también requiere la determinación de los procesos necesarios para el sistema de gestión de calidad y su aplicación a través de la organización, por lo que la herramienta de Mapa de Flujo de Valor por sus siglas en inglés (VSM) puede ser de mucha ayuda al identificar la cadena de valor y los procesos que intervienen en ella, de igual forma las herramientas SIPOC y Process Flow Mapping de Seis Sigma aportan a este requisito en la identificación de la secuencia e interacción de procesos.

En el segundo requisito denominado Liderazgo, la norma exige que la alta dirección demuestre su liderazgo y compromiso con respecto a la calidad y al enfoque al cliente, la definición y comunicación de una política de calidad, y la definición de roles, responsabilidades y autoridades en la organización. En este aspecto los principios de "Lean" serán de mucha ayuda para tal fin, principios tales como Enfoque al Cliente, Centrado en el Personal, y Orientación a Procesos.

En el tercer requisito denominado Planificación, la norma solicita que como parte de la planificación, la organización debe determinar los riesgos con el fin de prevenirlos o reducir los efectos no deseados y para lograr la mejora continua. Para tal fin queda como anillo al dedo la herramienta Seis Sigma llamada Análisis de Modo y Efecto de Fallas, por sus siglas en inglés (FMEA), la cual nos ayudara, partiendo de procesos definidos, a identificar los riesgos, evaluarlos y generar planes de mitigación de los mismos.

De igual forma este requisito exige la definición de objetivos de calidad y el plan para lograrlos, para lo cual la herramienta "Lean" denominada Hoshing Kanri será de mucha ayuda, ya que es una herramienta que integra consistentemente

las actividades de todo el personal de la empresa de modo que puedan lograrse metas clave y reaccionar rápidamente ante cambios en el entorno.

En el cuarto requisito denominado Soporte, la norma solicita el determinar y proporcionar los recursos necesarios para el establecimiento, implementación, mantenimiento y mejora continua del sistema de gestión de calidad. Para esto podemos echar mano de herramientas “Lean” tales como Mantenimiento Productivo Total, (TPM) por sus siglas en inglés para el mantenimiento de la infraestructura especialmente con la maquinaria y equipo, de 5S’s y Gestión Visual para el diseño de estaciones de trabajo.

Este requisito también exige el determinar y proporcionar los recursos necesarios para asegurarse de la validez y fiabilidad de los resultados cuando se realice el seguimiento o la medición para verificar la conformidad de los productos y servicios con los requisitos. Y para tal caso la herramienta de Análisis de Sistemas de Medición, (MSA) por sus siglas en inglés de la metodología “Seis Sigma” es la idónea para utilizarse en este tema, ya que ayuda a validar sistemas de medición tanto de datos continuos como de datos discretos.

De igual forma en este requisitos podemos integrar el programa de formación de Green Belts y de Black Belts de la metodología Lean Seis Sigma, en el apartado de competencia del personal, en donde la norma requiere determinar la competencia necesaria del personal que realiza, bajo su control, un trabajo que afecta el desempeño y eficacia del sistema de gestión de calidad.

En el quinto requisito denominado Operación, la norma exige la planificación, implementación y control de los procesos necesarios para cumplir los requisitos para la provisión de productos y servicios. Y es aquí donde podemos integrar las herramientas “Lean” enfocadas a la generación de flujo continuo en los procesos, tales como Tak Time, Pull System, One Piece Flow, Kanban, y SMED.

En este requisito la norma también exige la implementación de la producción y aprovisionamiento del servicio bajo condiciones controladas, incluyendo la implementación de actividades de seguimiento y medición en las

etapas apropiadas para verificar que se cumplen los criterios para el control de los procesos o sus salidas, y los criterios de aceptación para los productos y servicios; y la validación y revalidación periódica de la capacidad para alcanzar los resultados planificados de los procesos de producción y de prestación del servicio, cuando las salidas resultantes no puedan verificarse mediante actividades de seguimiento o medición posteriores. Para estos puntos las herramientas de Control Estadístico de Procesos (CEP) por sus siglas en inglés, y Análisis de Capacidad de Procesos (Cp y Cpk), de la metodología Seis Sigma, son idóneas para integrarse en este requisito.

En el sexto requisito denominado Evaluación del Desempeño, la norma exige que la organización determine qué necesita seguimiento y medición; los métodos de seguimiento, medición, análisis y evaluación necesarios para asegurar resultados válidos, cuando se deben llevar a cabo el seguimiento y la medición; y cuando se deben analizar y evaluar los resultados del seguimiento y la medición.

Para este requisito las herramientas de “Lean” enfocadas a la medición de los procesos tales como ANDON, Poka Yoke, y 7 Desperdicios, son una excelente opción para incluirse como parte de este requisito, además de las herramientas de Seis Sigma enfocadas a la medición y análisis como lo son métricas de Defectos por Millón de Oportunidades (DPMO's) y Nivel Sigma, Análisis Causa Efecto, Pruebas de Hipótesis, y Análisis Multivariado.

En el séptimo y último requisito denominado Mejora, la norma exige determinar y seleccionar las oportunidades de mejora e implementar cualquier acción necesaria para cumplir los requisitos del cliente y aumentar su satisfacción, estas deben incluir, mejorar los productos y servicios para cumplir los requisitos, así como considerar las necesidades y expectativas futuras; corregir, prevenir o reducir los efectos no deseados; y mejorar el desempeño y la eficacia del sistema de gestión de la calidad.

Para este apartado es importante hacer una clara distinción del concepto de mejora respecto al de corrección, ya que el concepto de corrección es abordado

por la norma en el requisito de Operación, en el cual determina que los defectos o no conformidades en los procesos, productos o servicios deben de identificarse y corregirse oportunamente a fin de establecer control, sin embargo el tema de mejora va más allá de esto, y parte de la premisa de que aún y cuando un proceso cumpla sus metas y esté en control, es susceptible de mejora mediante la identificación y adecuación de sus variables significativas.

Para esto podemos incluir en este requisito herramientas de “Lean” tales como Planear, Hacer, Verificar, y Actura (PDCA) por sus siglas en inglés, y los 5 porqué (5W’s), además del ciclo Definir, Medir, Analizar, Mejorar, y Controlar (DMAIC) de Seis Sigma, el Diseño de Experimentos (DOE) y regresiones.

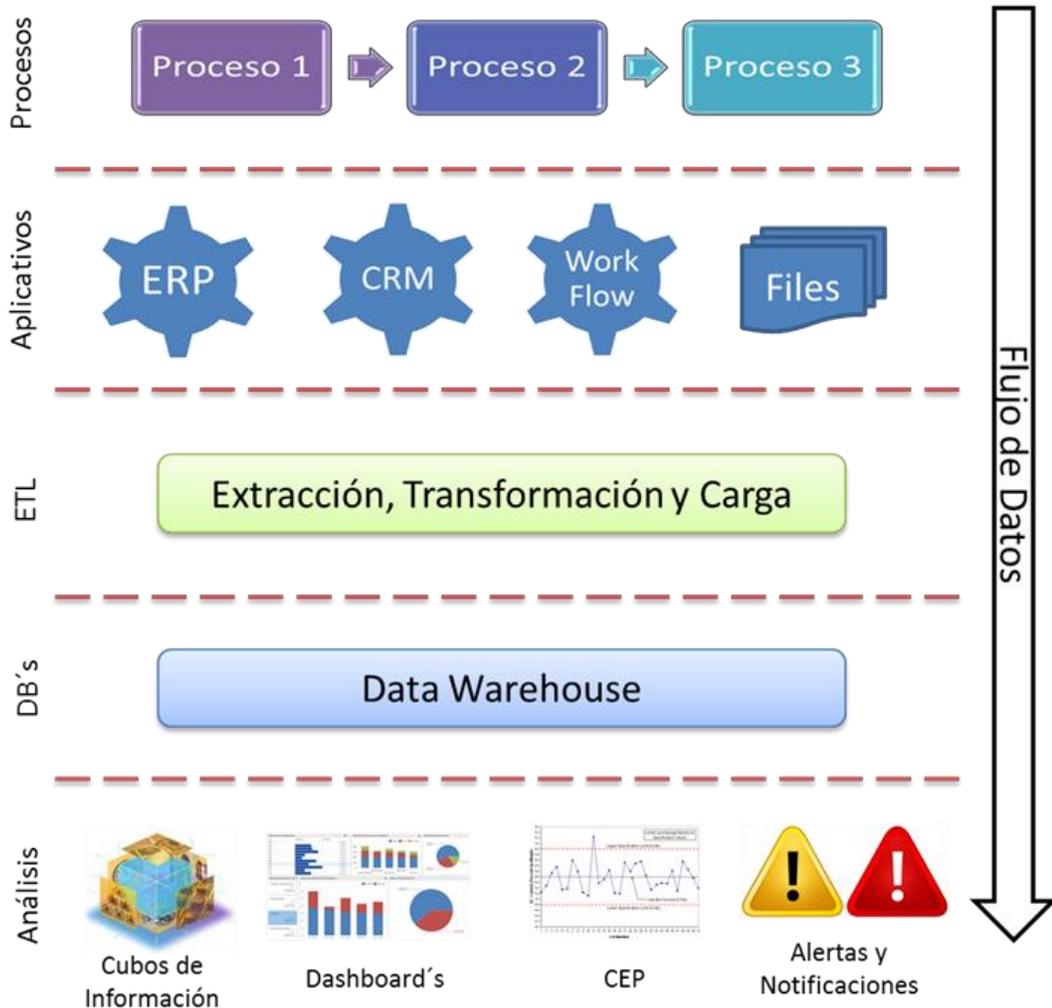
Cambiando ahora de tema y retomando las recomendaciones para Profesionistas de Calidad y Productividad, la segunda de ellas es lo que hemos denominado la Automatización de la Mejora, esto mediante el uso de las tecnologías de información que hoy en día cada vez más están inherentes en la operación y gestión de los procesos en las organizaciones.

Esto debido la necesidad de hacer más eficientes los procesos de mejora, partiendo del hecho de que más de la mitad del tiempo que consume un proyecto de mejora está dedicado a la recolección y análisis de información, ya que en la mayoría de los casos se parte de procesos carentes de información lo suficientemente estructurada para su análisis.

Aunado al hecho de que en el mejor de los casos en el que se encuentre información disponible, ésta es proveniente del ERP o sistema CORE, los cuales tiene información solamente del estado actual de los procesos, y no guardan históricos debido a que la información se plancha sobre la actualizada.

Esta propuesta de Automatización de la Mejora está basada en una adaptación del modelo de Data Warehouse y BI para la integración a una estrategia de implementación de la metodología Lean Seis Sigma.

En el siguiente diagrama se esquematiza la propuesta del modelo de Automatización de la Mejora segmentado en cinco fases.



(Propuesta del autor)

La fase de Procesos, consta de la identificación de los procesos denominados "Core" o Principales, que están ligados a la cadena de suministros o flujo de valor del negocio, y son los generadores de los productos y servicios de la compañía. Una vez identificados estos procesos, se deberá de realizar un diagrama de procesos de cada uno de ellos identificando tanto su flujo de secuencia como de mensajes.

En la fase de Aplicativos, se identifican los aplicativos tanto software como hardware por los cuales corren los procesos “Core” y su interacción con cada uno de ellos. Estos aplicativos dependerán del tamaño y complejidad de la organización, ya que pueden ir desde un ERP muy robusto, hasta desarrollos internos o simples archivos de Excel en los cuales se administren los procesos de la organización.

En estos aplicativos se administra la información que detonan los procesos tales como pedidos, facturas, órdenes de producción, llamadas, transacciones, inscripciones, registros de altas, tickets, alertas, pacientes, alumnos, huéspedes, etc., según sea el caso de la organización.

La fase de ETL es un proceso manual o automático de extracción de datos de los aplicativos, transformación de los mismos, agregando o desagregando datos, para su posterior carga en un repositorio único de datos. El diseño de este proceso dependerá de la información requerida de los procesos a partir de los indicadores de desempeño definidos para cada proceso, indicadores tales como, tiempos de respuesta, nivel de calidad, inventarios, costos, etc.

La fase de DB's es en donde se depositan, de forma sistemática y de preferencia automática, los datos extraídos de los aplicativos de los procesos para su posterior análisis. Este repositorio puede ir desde un SQL Server, hasta una base de datos en Microsoft Access, lo importante de éste es que deberá contener información histórica de los procesos y con tablas relacionadas con índices a fin de poder hacer análisis cruzados de la información.

Por último la fase de Análisis consta de la explotación de la información contenida en la base de datos tipo Data Warehouse, pudiendo conectar ésta con un aplicativo de análisis estadístico externo como Minitab, Matlab, Stata, SAS, etc., con el cual se podrán generar análisis en tiempo real de control estadístico de procesos, capacidad de procesos, análisis de correlación, pruebas de hipótesis, y análisis multivariados según sean las necesidades.

## **Instituciones Educativas**

Las instituciones educativas como pilar en la generación y transmisión de conocimiento, y formadores de profesionistas en Calidad y Productividad, juega un rol muy importante en el éxito de la competitividad de las organizaciones latinoamericanas mediante la correcta y efectiva aplicación de Modelos de Calidad Total con metodologías como Lean Seis Sigma.

Es por ello que las propuestas para ellas generadas a partir de los resultados de este estudio, se basan en las oportunidades identificadas en la aplicación de la metodología Lean Seis Sigma partiendo del supuesto de posible falta de habilidades y conocimiento de los profesionistas en esta disciplina.

Tomando en consideración que en Latinoamérica tanto los marcos conceptuales como metodológicos de Lean Seis Sigma enseñados en las instituciones educativas son de origen extranjero, y pocas veces con aproximaciones o adaptaciones al contexto latinoamericano.

La primera propuesta es el cambio de enfoque en la enseñanza de la metodología Lean Seis Sigma, la cual actualmente está enfocada a mejora de procesos productivos u operativos con tendencias mayormente a procesos de manufactura más que a servicios. La propuesta es un cambio de enfoque a mejora de procesos de negocio, dejando de lado la distinción de si éstos producen un producto o un servicio, ya que con esta nueva connotación se parte de que el proceso es detonado por el cliente y es el mismo cliente el que lo termina, de igual forma dado que es un proceso de negocio estará estrechamente ligado a la estrategia de la organización y a los estados financieros de ella.

Esto apoyará al pensamiento estratégico, sistémico y de negocio de los profesionistas en Lean Seis Sigma, y podrán generar modelos de calidad mejor alineados a las estrategias y objetivos de las organizaciones.

La segunda propuesta es la enseñanza de manera integral tanto de los Modelos de Calidad como de las metodologías, herramientas, y técnicas, ya que

en la actualidad en la mayoría de los planes de estudio de instituciones educativas latinoamericanas, se enseña por un lado los modelos de Calidad Total incluyendo los modelos de Gestión de Calidad, por otro lado de manera aislada y sin ninguna vinculación, se ensañan metodologías de mejora como lo son Lean, Seis Sigma, y Teoría de Restricciones, y por otro lado se enseñan herramientas de mejora tales como Diseño de Experimentos, Control Estadístico de Procesos, Investigación de Operaciones.

Todas éstas sin llegar en la mayoría de los casos a integrarse, lo que puede generar en los alumnos falta de pensamiento sistémico y la forma de cómo vincular unas con otras a fin de generar Modelos de Calidad para las organizaciones que incluya tanto las metodologías y herramientas acordes a la organización, y que éstas trabajen de manera consistente y coherente con el contexto y objetivos de las empresas.

Por último, la propuesta de integrar en los planes de estudio de los profesionistas en Lean Seis Sigma materias de Tecnologías de Información de gestión empresarial como lo son ERP's, CRM's, Work Flow, Business Activity Monitoring, Data Warehouse, y Business Intelligence. Ya que hoy en día cada vez más la información de los procesos incluyendo los procesos mismos, no se encuentran en el piso de producción, sino en aplicativos y bases de datos, los cuales si el profesionista en mejora no los conoce, le será difícil realizar propuestas de mejora a los mismos.

## REFERENCIAS

- Allen, J., Robinson, C., & Stewart, D. (2001). *LEAN MANUFACTURING a Plant Floor Guide*. Michigan: SME.
- Allen, T., Tseng, S., Swanson, K., & McClay, M. (2010). Improving the Hospital Discharge Process with Six Sigma Methods. *Quality Engineering*, 13-20.
- ASQ. (2015). *American Society for Quality*. Recuperado el 07 de 2015, de <http://asq.org/cert>
- Bain & Company, Inc. (2005). *GENROE*. Retrieved Julio 2013, from <http://www.genroe.com/resources/glossary/customer-experience-management-definitions-and-glossary/silent-attrition>
- Deshmuk, A., Karandikar, A., & Krasovitzky, F. (2006). *Leventer Gropu*. Recuperado el Junio de 2013, de <http://www.leventergroup.com/PDF/QueMuevealNPS.pdf>
- Duncan, A. J. (2000). *Control de Calidad y Estadística Industrial*. Santafé de Bogotá: ALFAOMEGA.
- Escalante Vázquez, E. J. (2010). *Seis - Sigma Metodología y Técnicas*. México D.F: LIMUSA.
- Gross, J. M., & McInnis, K. R. (2003). *Kanban Made Simple - Demystifying and Applying Toyota's Legendary Manufacturing Process*. New York: AMACOM.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México: MaGraw Hill.
- Howson, C. (2009). *Business Intelligence*. México: McGraw Hill.
- Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C. (2004). NMX-CC-10012-IMNC-2004. *Sistemas de gestión de las mediciones - Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición*. México: NMX.
- Juran, J., & Gryna, F. (1995). *Análisis y Planeación de la Calidad*. México D.F.: McGraw Hill.
- LEANROOTS. (s.f.). *LEANROOTS*. Recuperado el 2015, de <http://www.leanroots.com/ANDON.html>

- Lin, L.-C., Li, T.-S., & Kiang, J. (2009). A continual improvement Framework with integration of CMMI and Six Sigma Model for Auto Industry. *QUALITY AND RELIABILITY ENGINEERING INTERNATIONAL*, 551-569.
- Liyakasa, K. (2012). Customer Experience Is Critical in Net Promoter Benchmarks. *Database Trends & Applications*, 26(2), 16.
- Manosalvas V., C., & Manosalvas V., L. (2012). Aplicación de la metodología Six Sigma para mejorar la eficiencia del proceso de adquisiciones en instituciones públicas. *Global Conference on Business and Finance Proceedings*, 1374-1378.
- Mantilla Celis, O., & Sánchez García, J. (2012). Modelo tecnológico para el desarrollo de proyectos logísticos usando Lean Six Sigma. *Estudios gerenciales*, 23-43.
- Martišovič, R. (2013). *Produktivne.sk*. Recuperado el 2014, de <http://files.produktivne.sk/200000088-b568ab661d/Poka-yoke.JPG>
- Montgomery, D. C. (2004). *Diseño y Análisis de Experimentos*. Mexico D.F.: LIMUSA WILEY.
- Montgomery, D. C. (2009). *Control Estadístico de la Calidad*. México: LIMUSAWILEY.
- mtmingenieros. (2008). *mtmingenieros*. Recuperado el 2015, de <http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-smed/>
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM Total Productive Maintenance*. Massachusetts: Productivity Press.
- Ohono, T. (1998). *Toyota Production System Beyond Large-Scale Production*. New York: Productivity Press.
- PEAK DATA SOLUTION. (2001). *peakdatasolutions.com*. Retrieved Julio 2013, from [http://www.peakdatasolutions.com/Case\\_CombatSilent.htm](http://www.peakdatasolutions.com/Case_CombatSilent.htm)
- PYZDEK, T. (2003). *The Six Sigma Handbook*. USA: McGraw-Hill.
- Raju, M., Nithyanandam, G., & Srinivasan, G. (2014). Defects Reduction in Steering Gear Product using Six Sigma Methodology. *Applied Mechanics and Materials*, 647-651.
- Reichheld, F. (2011). *The Ultimate Question 2.0*. USA: Harvard Business Review Press.

- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to See value - stream mapping to create value and eliminate muda*. Massachusetts: The Lean Enterprise Institute.
- Shingo, S. (1986). *Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-yoke System*. USA: Productivity, Inc.
- SurveyMonkey. (2009). *SurveyMonkey*. Recuperado el 2015, de <https://es.surveymonkey.com>
- Velázquez, C. J. (2014). Propuesta para la aplicación de la metodología de Seis Sigma en los procesos de la universidad estatal de Sonora. *Global Conference on Business and Finance Proceedings*, 1271-1282.
- Visconti, M. (2003). *Remedy a BMC Software Company*. Recuperado el Julio de 2013, de [http://apps.bmc.com/products/attachments/Remedy\\_Insight\\_Attrition.pdf](http://apps.bmc.com/products/attachments/Remedy_Insight_Attrition.pdf)
- Wang, L. (2011). Banking Sector Growth in China: Can Six Sigma be a Solution? *International Journal of Business and Management*, 169-176.

## **ANEXOS**

- Anexo 1: Formato de encuesta general Lean Six Sigma
- Anexo2: Formato de encuesta de Nivel de uso y dominio de herramientas
- Anexo 3: Formato de Nivel de Madurez Lean Six Sigma (Planificación)
- Anexo 4: Formato de Nivel de Madurez Lean Six Sigma (Control)
- Anexo 5: Formato de Nivel de Madurez Lean Six Sigma (Mejora)
- Anexo 6: Formato de Nivel de Madurez Lean Six Sigma (Prevención)

## Anexo 1: Formato “Encuesta General Lean Six Sigma”

Información General de la Empresa			
País		Ciudad:	
Actividad de la Empresa		Tamaño de la Empresa	
Giro de la Empresa		Cantidad de Personal	
de Personal Administrativo		% de Personal Operativo	
Puesto:		Tiempo en la Empresa	
Información del Programa Lean Seis Sigma			
1. Tiempo que tiene la organización utilizando la Metodología Lean Six Sigma			
2. Cantidad de Black Belts en la organización			
3. Cantidad de Green Belts en la Organización			
4. Cantidad de Yelow Belts en la Organización			
5. La capacitación del personal en la metodología es principalmente interna o externa			
6. Las certificaciones del personal en la metodología son internas o externas			
7. En caso de ser externas con que organismo se certifican			
8. Quienes han sido los principales beneficios del Programa Lean Seis Sigma			
9. Cuales han sido los principales beneficios del Programa Lean Seis Sigma			
10. Beneficios anuales en dolares aproximados del Programa Lean Seis Sigma			
11. Cual es la unidad de medida de calidad más usada en su organización			
12. Que nivel sigma considera que tiene su organización			
13. Se tienen métas y acciones para aumentar el nivel sigma de la organización			
14. Que apoyo tiene el programa Lean Seis Sigma por parte de la Alta Dirección			
15. Como parte del programa se utiliza algún Software de análisis estadístico			
16. En caso afirmativo que Software se utiliza			
17. Se utilizaron o se utilizan consultores externos para la implementación del programa			
18. Su cliente, el corporativo, u otra entidad le requiere llevar el programa Lean Seis Sigma			
19. Se tienen procedimientos y políticas documentadas del programa Lean Seis Sigma			
20. Porcentaje de utilización de herramientas Lean			
21. Porcentaje de utilización de herramientas Six Sigma			
22. Que le recomendarías a laguien que quisiera implementar esta Metodología en su Organización			

## Anexo 2 Formato “Nivel de Uso y Dominio de Herramientas”

Las Sigüientes Herramientas "LEAN" seleccione la frecuencia de uso y el nivel de dominio en su organizaci			
	Frecuencia	Dominio	
Mapa de Flujo de Valor (VSM)			
Sistema Pull de Inventario (KANBAN)			
Orden y Limpieza (5S´s)			
Dispositivos a prueba de error (POKA YOKE)			
Mantenimiento Productivo Total (TPM)			
Cambios Rápidos (SMED)			
Solución de Problemas PDCA (KAIZEN)			
Fabrica Visual (ANDON)			
Trabajo Estandar			
Manufactura Celular			
s Sigüientes Herramientas Seis Sigma seleccione la frecuencia de uso y el nivel de dominio en su organiza			
	Frecuencia	Dominio	
DMAIC			
Estadística Descriptiva			
Análisis de Sistemas de Medición (R&R)			
Muestreo			
Diagramas de Proceso			
Diagrama Causa - Efecto			
Diagrama de Pareto			
Histograma			
Diagrama de Caja y Bigote (Box Plot)			
Análisis de Capacidad de Proceso (Cp & Cpk)			
Análisis de Series de Tiempo			
Pruebas de Hipótesis			
Regresiones			
Diseño de Experimentos (DOE)			
Control Estadístico de Proceso (CEP)			
Análisis de Modo y Efecto de Fallas (FMEA)			

### Anexo 3 Formato “Nivel de Madurez Lean Six Sigma” (Planificación)

Atributo	Descripción del Nivel de Madurez
Objetivos	<b>PO-1</b> Se tienen definidos objetivos de Mejora a corto, mediano y largo plazo
	<b>PO-2</b> Se tiene objetivos de Mejora para cada una de las partes intresadas de la organización
	<b>PO-3</b> Se tienen objetivos de Mejora por producto o servicio de la organización
	<b>PO-4</b> Se tienen objetivos de Mejora de los procesos principales de la organización
	<b>PO-5</b> Los objetivos de mejora se expresan en términos de <b>DPMO's o niveles sigma</b>
	<b>PO-6</b> Los objetivos de Mejora son comunicados y entendidos por todos los niveles de la organización
	<b>PO-7</b> Los objetivos de Mejora son revisados y adecuados con una frecuencia definida
	<b>PO-8</b> Los objetivos de Mejora son específicos, medibles, alcanzables, retadores, y con fechas específicas ( <b>SMART</b> )
	<b>PO-9</b> Los objetivos de Mejora se logran consistentemente de acuerdo a lo planificado
Flujo de Valor	<b>PP-1</b> Se tienen identificados y documentados los <b>procesos</b> principales de la organización
	<b>PP-2</b> Se tienen analizados los flujos de valor de los procesos principales mediante un <b>Mapa de Flujo de Valor (VSM)</b>
	<b>PP-3</b> Se tiene identificado y analizado el <b>Takt Time</b> de los procesos principales
	<b>PP-4</b> Se tienen identificados y analizados los <b>Cuellos de Botella</b> de los procesos principales
	<b>PP-5</b> Se tiene implementado en la medida de lo posible un <b>Sistema de Pull</b> en los procesos principales
	<b>PP-6</b> Se tiene implementado en la medida de lo posible un <b>Sistema Kanban</b> para la administración de inventarios en los procesos
	<b>PP-7</b> Se tiene analizado y calculado el lote óptimo de producción de los procesos y, cuando es aplicable, la implementación de <b>Flujo Continuo (One piece flow)</b>
	<b>PP-8</b> Cuando es aplicable, se tiene implementado un Sistema de Cambio Rápido <b>SMED</b> para atacar Cuellos de Botella
Enfoque al Cliente	<b>PC-1</b> Se tiene identificada la <b>Voz del Cliente (VOC)</b> o requerimientos de cada uno de los segmentos que atiende la organización
	<b>PC-2</b> La identificación de requerimientos o Voz del cliente se hace de manera planificada y por medio de estudios de mercado
	<b>PC-3</b> Se tienen traducidos los requisitos o Voz del Cliente en especificaciones de Producto o Servicios denominados <b>Críticos para la Calidad (CTQ's)</b>
	<b>PC-4</b> Se hace uso del Modelo <b>KANO</b> para la clasificación y priorización de los aspectos Críticos para la Calidad (CTQ's)
	<b>PC-5</b> Se tienen definidas políticas y procedimientos para la atención de <b>quejas</b> e insatisfacciones de clientes
Apoyo Gerencial	<b>PA-1</b> Los objetivos de mejora están <b>alineados</b> a los objetivos estratégicos de la organización
	<b>PA-2</b> La Alta Dirección le da <b>visibilidad</b> a los resultados de mejora al más alto nivel de la organización por medio de comités, juntas directivas, revisiones gerenciales, etc.
	<b>PA-3</b> La Alta Dirección se <b>involucra</b> activamente en el Sistema de Mejora, desde su diseño hasta la implementación y seguimiento.
	<b>PA-4</b> La Alta Dirección asigna <b>recursos</b> suficientes para la implementación del sistema de Mejora de la organización
	<b>PA-5</b> La Alta Dirección <b>comunica y hace conciente</b> a la organización de la importancia del Sistema de Mejora y de su impacto en los resultados del negocios.

## Anexo 4 Formato “Nivel de Madurez Lean Six Sigma” (Control)

Trabajo Estandar	CT-1	Se cuenta con <b>especificaciones de producto y servicio</b> disponibles en los puntos de uso de los procesos
	CT-2	Se cuenta con manuales, <b>procedimientos</b> o instrucciones de trabajo que describan los pasos para realizar las actividades de los procesos tanto manuales como automatizados.
	CT-3	Se tienen definidas, documentadas e implementadas políticas de Orden y Limpieza ( <b>5S</b> ) en las áreas o estaciones de trabajo de los procesos de la organización.
	CT-4	Se cuenta con un procedimiento para el <b>control de cambios</b> a especificaciones y a procedimientos, el cual incluya su revisión, validación, aprobación y comunicación a todo el personal involucrado
	CT-5	Se tiene <b>capacitación continua</b> al personal sobre las especificaciones de producto y servicio, manuales y procedimientos, y políticas de orden y limpieza
	CT-6	Se tienen definidos e implementados <b>procedimientos de supervisión</b> a las áreas o estaciones de trabajo, que aseguren la correcta aplicación de procedimientos y políticas de trabajo estandar
Medición	CM-1	Se tiene definido e implementado un <b>Plan de Inspección y Pruebas</b> de Materia Prima, Producto en Proceso, y Producto Terminado, de acuerdo a la criticidad de sus especificaciones.
	CM-2	Las inspecciones y pruebas hacen uso de <b>tecnicas estadísticas y de muestreo</b> que aseguren niveles de confianza con un balance entre costo de inspección y costo de no calidad.
	CM-3	Se tienen definidos e implementados procedimientos y métodos para el <b>Análisis de Sistemas de Medición</b> (MSA) que asegure la Exactitud, Resolución, Estabilidad, Linealidad, Reproducibilidad, Repetibilidad, y Error controlado (BIAS) de los resultados de las mediciones.
	CM-4	Se tienen documentados los <b>criterios de aceptación y rechazo</b> de todos los productos y servicios sin ambigüedades, y disponibles en los puntos de inspección y liberación.
	CM-5	Se cuenta con bases de datos confiables de <b>registros</b> de los resultados de las Mediciones e Inspecciones realizadas para su análisis.
	CM-6	Se tienen identificados y medidos los <b>7 desperdicios Lean</b> en los procesos principales (Defectos, Inventarios, Proceso, Esperas, Movimientos, Transportes, Sobreproducción)
	CM-7	Se tiene medida la calidad en los procesos en función de la probabilidad de que una unidad pueda pasar a través de todo el proceso sin defectos ( <b>RTY</b> )
	CM-8	Se tiene medido el nivel de calidad de los productos y servicios en terminos de <b>DPMO's o Nivel Sigma</b>
	CM-9	Se tienen medidos los tiempos de los procesos en terminos de " <b>Lead Time</b> ", " <b>Process Time</b> " y " <b>Time to</b>
	CM-10	Se tienen medidos la productividad de los procesos en terminos de Gasto Operativo vs Facturación ( <b>Opex/CV</b> )
	CM-11	Se tiene medido el nivel de <b>satisfacción de clientes</b> en términos de su lealtad y preferencia a los productos y servicios de la compañía.
Monitoreo	CMM-1	Se tiene definidos e implementados procedimientos de <b>análisis</b> de información derivada de las mediciones, para la detección de patrones y tendencias de los procesos.
	CMM-2	Se tiene implementado Control Estadístico de Procesos ( <b>CEP</b> ) en los procesos principales de la organización.
	CMM-3	Se tienen definidos y monitoreados indicadores clave de desempeño ( <b>KPI's</b> ) de los procesos principales de la organización
	CMM-4	Se cuenta con tecnologías de información que proporcionen resultados del monitoreo de procesos en tiempo real.
	CMM-5	Se tienen implementados sistemas <b>ANDON</b> para alertar de los problemas críticos en los procesos principales de la organización.
	CMM-6	Se tienen definidas, planificadas e implementas <b>Auditorías</b> continuas a los Procesos Principales para identificar oportunamente incumplimientos a especificaciones, procedimientos, o detección de oportunidades de mejora.
Corrección	CC-1	Se tienen definidos de manera clara los criterios para identificar si un proceso esta o no en control
	CC-2	Se tienen definidos planes de contingencia para los casos en que derivado del monitoreo se detecte que un proceso esta fuera de control, estos planes incluyen los aspectos a revisar y analizar del proceso, las acciones a realizar, así como la definición clara de funciones, responsabilidades y autoridades del personal.
	CC-3	Se tienen definidos los tiempos o periodos máximos de tolerancia de procesos fuera de control.
	CC-4	En caso de que el proceso fuera de control exceda los periodos de tolerancia establecidos, se tiene definida una matriz de escalaciones para darle visibilidad del problema al personal pertinente de la organización.

## Anexo 5 Formato “Nivel de Madurez Lean Six Sigma” (Mejora)

Atributo	Descripción del Nivel de Madurez	
Cultura	MC-1	Se tienen claramente definida la <b>formación mínima</b> necesaria en temas de herramientas y metodologías de mejora para cada tipo puesto de la organización
	MC-2	Se tiene definido e implementado un <b>plan de formación</b> en herramientas y metodologías de mejora para todo el personal de la organización
	MC-3	Se tienen procesos de <b>certificación</b> ya sea internos o externos de la formación y competencia del personal en herramientas y metodologías de mejora (Black Belt, Green Belt, Yellow Belt)
	MC-4	Se tienen <b>empoderado</b> al personal que opera los procesos para realizar acciones de mejora de manera inmediata
	MC-5	Se cuenta con una política de <b>incentivos o reconocimientos</b> al personal por aportaciones de mejora a la organización
	MC-6	Se tiene una estructura definida de <b>expertos</b> en Herramientas y Metodologías de mejora para el apoyo, seguimiento y asesoría de proyectos de mejora (Master Black Belt, Black Belt, Green Belt), así como sus funciones y responsabilidades.
Metodología	MM-1	Se tienen manuales y procedimientos documentados para el uso y aplicación de herramientas y metodologías <b>Lean Manufacturing</b> , contextualizadas a la organización.
	MM-2	Se tienen manuales y procedimientos documentados para el uso y aplicación de herramientas y metodologías <b>Seis Sigma</b> , contextualizadas a la organización.
	MM-3	La gestión de la mejora se hace en base a la Metodología de <b>Proyectos</b>
	MM-4	Se tienen criterios claros para la identificación de elementos que <b>detonan</b> Proyectos de Mejora
	MM-5	Se tienen claramente definidos los criterios para la <b>selección</b> de la Metodología y Herramientas de Mejora adecuadas de acuerdo al tipo de problema a solucionar.
	MM-6	Se tienen procedimientos para la <b>supervisión y seguimiento</b> de proyectos de mejora que aseguren la correcta aplicación de métodos y herramientas, por parte de personal competente.
Efectividad	ME-1	Las mejoras son <b>validadas</b> estadísticamente para asegurar su efectividad
	ME-2	Los beneficios de los proyectos de mejora son validados por el área financiera
	ME-3	Los cambios en los procesos derivados de las mejoras se <b>documentan</b> , capacitan y supervisan con el fin de mantener las mejoras.
	ME-4	Las mejoras realizadas se implementan de forma tal que generan resultados <b>sustentables</b> .
	ME-5	Los resultados de las mejoras logran de manera consistente los objetivos de mejora planificados
	ME-6	Cuando un proyecto de mejora no es exitoso se analizan sus causas y se toman acciones para prevenir su recurrencia

## Anexo 6 Formato "Nivel de Madurez Lean Six Sigma" (Prevención)

Atributo	Descripción del Nivel de Madurez	
Productos y Servicios	PS-1	Se tienen procedimientos y metodologías para el diseño de productos y servicios tal como el "Despliegue de la función de Calidad" ( <b>QFD</b> ) o alguna similar que asegure la conversión de los requisitos y necesidades del cliente en especificaciones de productos y servicios.
	PS-2	Se tienen analizados los Modos de Falla asociados a la funcionalidad de los servicios, productos o de alguno de sus componentes causados por el diseño, con el uso de la herramienta <b>AMEF</b> de producto o alguna otra metodología de riesgos
	PS-3	Se tienen diseñados e implementados controles para la detección oportuna o prevención de ocurrencia, de los Modos de Falla de productos y servicios, con herramientas <b>POKA YOKE</b>
	PS-4	Se realizan estudios y pruebas estadísticas de <b>confiabilidad</b> de los productos
Procesos	PP-1	Se tienen analizados los Modos de Falla asociados a los procesos de instalación, fabricación, ensamble y prestación del servicio, con el uso de la herramienta <b>AMEF</b> de proceso o alguna otra metodología de riesgos
	PP-2	Se tienen diseñados e implementados controles para la detección oportuna o prevención de ocurrencia, de los Modos de Falla de procesos, con herramientas <b>POKA YOKE</b>
	PP-3	Se tiene implementado Mantenimiento Productivo Total ( <b>TPM</b> ) para prevenir los paros por maquinaria y equipo en los procesos.
Regulaciones	PR-1	Se tienen identificadas todas las regulaciones y normativas vigentes aplicables a los productos, servicios y procesos de la organización
	PR-2	Se tienen consideradas las regulaciones y normas vigentes aplicables, en el diseño de los productos y servicios
	PR-3	Se tienen consideradas las regulaciones y normas vigentes aplicables, en el diseño de los procesos de la organización.