

ESSENTIALS OF

LEAN

SIX

SIGMA

SALMAN TAGHIZADEGAN



Essentials of Lean 6 σ

En 1970, los estándares de la industria estaban basados en 3σ , en este tiempos era suficiente, conforme fue avanzando la civilización y creciendo la población este ya no fue suficiente, es aquí cuando nace el 6σ .

6σ nace en 1980 cuando William Smith, conocido como el padre del 6σ , desarrolla su concepto, antes de esto, el con un grupo de ingenieros y científicos, trabajan en conceptos similares, tales como reducir la variación, mejorar la calidad y maximizar la producción.

Este libro está dividido en 3 partes.

- 1.- Teoría estadística y concepto (Cap. 1-3)
- 2.- 6σ y la aplicación de ingeniería. (Cap. 4-8)
- 3.- Casos de estudio. (Cap. 9-10)

En la primera parte del libro

Se

habla de la filosofía de 6σ , esta nos dice que en cualquier organización, la satisfacción del cliente es la prioridad mayoritaria de la misma. Esta filosofía se basa en procesos de control de calidad, manufactura esbelta, Análisis y diseño de experimentos, entre otros métodos estadísticos.

Algunos de las técnicas de manufactura que 6σ usa son: Las 5's, el flujo de mapeo, kaizen, reducción de inventarios, eliminación de desperdicios entre otros. Otro punto a recalcar, son las contribuciones que lean genera al 6σ , tales como: Eliminar el tiempo de espera, la mejora continua, entre otros.

La metodología del 6σ usa la teoría estadística y asume que todo proceso esta caracterizado por una curva de distribución normal, donde el cliente especifica los limites de individuales de control, tanto inferior como superior. Esto se hace para cada proceso, porque el 6σ asume que los procesos varían de lote a lote, especialmente cuando se trata de muchos lotes.

Dentro del 6σ existen conceptos matemáticos de estrategias ingenieriles estos son:

1.- Modelar el proceso: Este se conoce como el corazón del 6σ , en este la función es Output =f(Input), o en términos matemáticos $Y= f(X_1,X_2,X_3,X_4,X_5....X_{n-2},X_{n-1},X_n)$

2.- La distribución normal: En este se usa la figura en forma de campana para describir la distribución normal, esta se expresa en (μ, σ) las cuales son Media y desviación estándar.

3.- La distribución norma estándar: Es una distribución normal con $\mu= 0$ y $\sigma =1$, esta puede ser transformada a distribución normal, de esta forma

$$z = (x - \mu)/\sigma$$

Donde z = distribución normal estándar.

4.- Distribución T: Es similar a la distribución normal solo que con muestras menores a 30, la campana es igual, pero solo es para muestras pequeñas.

5.- Distribución Binomial: Es una distribución discreta que solo tiene 2 posibles resultados. Ejemplos serian (bueno o malo, encendido o apagado, etc). Esta se calcula

6.-Distribución Poisson: Es una distribución discreta en términos del entorno de fabricación y cuenta el número de veces que un defecto de producto ocurre.

7.- Distribución Exponencial: Es una distribución continua y extensiva que se usa en ingeniería y estimación, para describir el tiempo de vida de un producto, componente, o maquina.

8.- Distribución Hipergeométrica: Las propiedades que la hacen diferente de las 2 anteriores es que es discontinua respecto al tiempo y son muestras pequeñas.

9.- Pruebas de Normalidad: Estas son 2:

9.1 **Kurtosis:** Es un factor que mide el área en la cima de la curva de campana.

9.2 **Anderson Darling:** Es una prueba de normalidad que usa la conducta de una prueba estadística, esta es una hipótesis para encontrar la distribución de la curva, y encontrar si es normal o no.

10.- La fiabilidad de la ingeniería y la estimación: Es la aplicación de varias técnicas ingenieriles y de la fiabilidad del ciclo de vida del producto, así como la mejora de continua del mismo

11.- Costo de Calidad: Los costos de calidad se dividen 2:

11.1: Internos: re trabajos, malos análisis, entre otros.

11.2: Externos: Garantías, Material devuelto, costó al cliente.

En la Segunda Parte del libro

Empieza hablando de los principios de mejora continua de 6σ , los cuales demuestran que esta es la herramientas con mas aptitudes para llegar a la perfección. 6σ cubre las causas potenciales de los problemas y los ataca para eliminar los defectos de oportunidad.

La ciencia de mejora continua de 6σ , se concentra en dos procesos que incluyen 3 pasos cada uno.

1.- Proceso de caracterización.

- Define el proyecto
- Evalúa el σ
- Analiza el proceso

2.- Proceso de Optimización

- Mejora de proceso
- Evalúa la nueva σ
- Controla y mantén el proceso.

Resumiendo estos 6 pasos se pueden resumir como DMAIC (Define, Measure, Analize, Improve, Control).

Además de la ciencia, 6σ también depende de los siguientes criterios de diseño.

1.- Cliente: Los limites de especificación (LSC, LIC), la voz de cliente, critica de la calidad, diseño del 6σ y integrar DFSS.

2.- Pasos para el diseño de 6σ : DMADV

- Define tus metas.
- Mide y determina las especificaciones
- Analiza el proceso.

- Diseña el proceso conforme lo que el cliente necesite.
- Verifica el diseño y mejóralo.

3.- Ergonomía del 6 σ : Aplicado a la ciencia es el diseño de producto basado en cómo piensa el humano. Los Beneficios de este son:

- 1.- El incremento de productividad
- 2.- Reducción de costos
- 3.- Reducción de costos de evolución.
- 4.- Reducción de defectos y variabilidad en el producto.
- 5.- Incremento del tiempo de vida del producto.
- 6.- Incremento en la satisfacción del cliente.

4.- Instrumentos y Técnicas:

El desarrollo del proceso del producto es seguido por:

1. El concepto de base para el desarrollo del proceso
2. Diseño del desarrollo de la fase
3. Desarrollo de mejora de fase.
4. Verifica la capacidad de la fase
5. Factibilidad
6. Desarrollo
7. Preproducción
8. Producción
9. Producto en mercado

Como beneficios se obtienen: Incremento de productividad, reducción de costos, Incremento de la calidad producto, incremento del ciclo de vida, incremento en la satisfacción del cliente.

Algunas técnicas que se usan son:

VSM: que es un método visual de mapeo a producción.

Poka-Yoke: Proceso de análisis y implementación para crear calidad a un producto.

5- Proceso de Administración: Es la combinación de técnicas de solución de problemas, procesos de mejora y procesos de manufactura.

Una vez terminando los criterios de diseño se acaba el capítulo 5.

En el capítulo 6 se habla del diseño de Lean / Kaizen, primero que nada pondremos las definiciones.

Lean= Esbelto= Acción Rápida (Reducir tiempo de espera innecesaria)

6 σ = Significa identificar los defectos y eliminarlos.

Lean 6 σ en la ingeniería = Lo mejor de la clase, Este crea valor a la organización y beneficios a sus clientes.

Como sabemos el tiempo es dinero, y el dinero es la línea de crecimiento de toda empresa. Por eso Lean 6 σ es la solución de las compañías para ser la cabeza en la competencia. Lean σ combina 2 de las técnicas de mejoras más importantes. 6 σ y principio de lean.

Los elementos de lean, se basan en:

- 1.- Reducción de tiempo de espera en los procesos.
- 2.- Mejora de procesos y eliminación de defectos
- 3.- Minimización de costos
- 4.- Reducción de Inventarios

La filosofía lean también reconoce los 7 tipos de desperdicios más importantes:

- 1.- Sobreproducción: Producir a mayor velocidad a la que el cliente pide.
- 2.- Tiempo de Espera: Perder tiempo que no agrega valor al productor.
- 3.- Transporte: Movimiento de productos y materiales en la planta que no agregan valor.
- 4.- Sobre procesamiento: Esfuerzos que no agregan valor al servicio desde el punto de vista del cliente.
- 5.- Inventario: Cualquier suministro en exceso dentro de la planta.
- 6.- Movimientos: Cualquier movimiento de gente o equipo que no agrega valor al producto.
- 7.- Defectos y errores: Productos que necesitan re trabajo o cambios.

Los 5 principios de Lean son:

- 1.- Valor: Lo que el cliente está dispuesto a pagar por un producto o servicio.
- 2.- Flujo de valor: Es una cadena de valor de actividades requeridas y no requeridas que agregan valor al producto. Tales como VSMangement, VSMapping.

3.-Flujo: Es el progreso de un producto o servicio

4.- Sistema Jalar: Producir solamente lo que el cliente solicita.

5.- Perfección: Crear valor al producto y elimina lo que no es necesario.

La mejor forma para resolver problemas en la industria mundial es la combinación de Lean, 6σ y Kaizen.

Kaizen porque está basada en las 5's:

Sort: Clasificar

Set in order: Ordenar

Shine: Limpiar

Standardize: Estandariza los primeros 3 pasos

Sustain: Mantén el paso 4.

Otra herramienta importante es TPM (total Productivity Maintenance), que es maximizar la vida útil de las maquinas y la producción.

Existen pasos para alcanzar las metas de del 6σ, estos están dados por el DMAIC= Define, Mide, Analiza, Mejora, Verifica.

En el Capítulo 7 hablan de los roles y responsabilidades del Lean 6σ junto con su filosofía y estrategia.

Para que 6σ funcione se requiere una integración de todos los departamentos de la compañía, desde los directivos o CEO de las empresas hasta obreros deben creer que el uso del Lean 6σ funciona. Es por eso que se les entrena y se les determina el nivel personal en el que se encuentran. Existen 4 niveles de personal capacitado en 6σ (Campeón, MMB, BB, GB)

Campeón: Normalmente es el director general de la empresa, ya que es el que ejecuta las acciones con mayor importancia en la empresa, así como es el responsable de escoger y entrenar a los Máster Black Belt.

Máster Black Belt: Es el mejor conocido con líder de calidad, y posee un conocimiento avanzado de estadística, estrategia de ventas, liderazgo de formación. Estos poseen una gran habilidad en el uso de Lean 6σ. Además son los encargados de enseñar a los Black Belts.

Black Belt: Son los jefes de equipo, esta se puede ganar con 1 mes de entrenamiento y estar en 1 proyecto de 1año de lean 6σ. Black Belt tiene que mostrar liderazgo como sus dos superiores MBB y Champion. Habilidades que necesitan tener estos son:

- 1.- Vender la idea de la filosofía.
- 2.- Liderar el equipo a nivel alto.
- 3.- Enseñar, dirigir y calificar las herramientas de lean 6 σ .
- 4.- Ser capaz de pensar como líder.

Entre otros.

Green Belt: Son los que trabajan con los Black Belt para resolver problemas. Por lo mismo deben de tener conocimientos de estadística y tener un entrenamiento básico de los conceptos del 6 σ .

En el capítulo 8 se habla de las fases necesarias para que pueda existir un proceso de mejora continua en 6 σ .

Fase 0: Definir proceso/ Seleccionar proyecto.

Fase1: Proceso de Medición

Fase2: Análisis de Proceso.

Fase3: Mejora de Proceso

Fase4: Control de Proceso y Mantenimiento.

Fase 0: Definir proceso/ Seleccionar proyecto.

Esta fase se basa en las siguientes acciones y objetivos:

- 1.- Identificar el área que traerá más ahorro monetario o eliminara mas desperdicio.
- 2.- Definir las especificaciones superiores y inferiores del cliente.
- 3.- Elige un proyecto y especifica las metas del proyecto.
- 4.- Estable los parámetros del procesos (que incluye y que excluye).
- 5.- Seleccionar un equipo de proyecto capacitado.
- 6.- Ejecuta el plan

Fase1: Proceso de Medición

Los objetivos se esta fase son:

- 1.- Desarrollar y definir las medidas del proceso y clarificar las metas.
- 2.- Identifica los signos vitales
- 3.- Colecta y analiza los datos

- 4.- Mide el desempeño
- 5.- Realiza un estudio de habilidad de proceso.
- 6.- Revisa probabilidades y herramientas estadísticas.
- 7.- Implementa el método de los 5 porques.
- 8.- Continúa implementando el método de los 5 porques, que este te llevara a la raíz del problema.

Las herramientas y las técnicas de medición que se usan son:

1.- Graficas de Pareto: (identifica que el 20 % de las causas es el 80 % de tus problemas).

2.- Realiza Histogramas: Ilustra la frecuencia de datos en forma de grafica de barra, la cual tiene forma de campana.

3.-Graficas de Control: Construir e interpretar gráficos de control para el proceso actual utilizando: 1.- datos continuos 2.- datos discretos.

4.- Prueba de hipótesis: es un método utilizado en el análisis inferencial y estadísticas que aparecen relacionados con los intervalos de confianza.

5.- Análisis de Varianza (ANOVA). Es una técnica usada para probar la hipótesis sobre la media.

Fase 2: Análisis de Proceso

En esta fase las metas y objetivos de lean 6 σ son:

- 1.- Proceso de negocios y análisis de datos.
- 2.- Causa raíz y análisis de efecto: Identifica y enlistar la fuente de variación de los factores dominantes.
- 3.- Crea un multi-vari análisis que ayuda a identificar la variabilidad del proceso.
- 4.- Crear indicadores de desempeño como referencia.
- 5.- Determinar los componentes de varianza y las fuentes mediante la identificación de los factores de proceso.
- 6.- Analiza la diferencia que existe entre σ y el objetivo.
- 7.- Evalúa a la correlación.
- 8.- Analizar el proceso que agrega valor y el proceso que no agrega.

9.- Implementa la estrategia de diseño de experimentos para analizar el problema.

10.- Aplica 6σ ergonomía.

Después de conocer las metas y objetivos tenemos que saber que instrumentos y técnicas se utilizaran para analizar el proceso.

1.- Diagrama Causa y Efecto, también conocido como diagrama de pescado, se usa para explorar las causas y efectos. El diagrama de Pescado se basa en la filosofía de preguntar 5 veces porque.

2.- Grafica Multi-vari y análisis. (Donde existen Variaciones posicionales, cíclicas y temporales)

3.- Diagrama de dispersión y de caja: Muestran relaciones visuales de las muestras.

4.- Identifica la fuente de variación y la causa raíz. Esta se logra realizando una regresión múltiple.

Fase 3.- Proceso de Mejora.

Las metas de esta fase son:

- 1.- Desarrolla y evalúa las soluciones
- 2.- Implementa la reducción de variación
- 3.- Estandariza el proceso
- 4.- Evalúa los factores de riesgo
- 5.- Aplica las reglas de Lean 6σ .
- 6.- Rediseña el proceso para Lean 6σ .
- 7.- Crea una relación de Variables
- 8.- Reduce las variables del proceso sin conformidades.
- 9.- Ajuste el diseño del material, maquina, capacidad humana entre otros.
- 10.- Mejorar las nuevas oportunidades.

Las Herramientas que se utilizaran para lograr estas metas son:

1.- Diseño de experimentos, una técnica de experimentación muy eficiente que identifica la clave en el proceso por medio de variables X y Y. Después de esto se

establece la variable dominante o independiente. Esta puede realizar el método de Taguchi o hacer anovas.

2.- Técnicas de superficie de respuesta, busca obtener un máximo o mínimo, para optimizar el valor.

3.- Diagrama de 3: Es un diagrama que cada vez que se rompe crea 3 subgrupos y así sucesivamente.

4.- Failure Mode Effects Analysis (FMEA).

Los pasos resumidos del FMEA.

1.- Encuentra el producto, proceso o sistema.

2.- Lluvia de ideas de problemas potenciales.

3.- Lista los problemas de los efectos potenciales.

4.- Especificar el nivel de gravedad de cada efecto.

5.- Especificar el ritmo con el que ocurre el efecto.

6.- Especifica el ritmo de detección de los problemas.

7.- Realizar los cálculos de RPN.

8.- Dar prioridad a los modos de falla para ejecutar acción

9.- Toma acción para reducir el alto riesgo de fracaso.

10.- Recalcular el RPN y hacer cíclicamente estos 3 últimos pasos.

Fase4.- Control de Proceso y Mantenimiento.

Las metas de esta fase son:

1.- Implementar el proceso de la planeación de control del sistema.

2.- Implementar graficas de control para variables clave.

3.- Implementar técnicas lean y empresa lean.

4.- Evaluar los errores, probando técnicas.

5.- Interpreta las graficas de control y evalúa los resultados.

6.- Establece una documentación del plan.

7.- Monitorea los parámetros de desempeño.

8.- Evaluar el riesgo antes y después.

Los procesos por los que se llevan a cabo estas metas son

1.- Proceso de planeación de control: Establece y evalúa al sistema de control de proceso, mediante estadística.

2.- Control y grafica de pre control.

Un error típico en las empresas es la confusión que existe entre límites de control y especificaciones de límites. Los límites de control son dependientes de los experimentos de la planta, mientras que las especificaciones de límites son basadas en lo que el cliente espera o desea.

PARTE 3

En el Capitulo 9 se estudia 1 caso para Green Belt y Black Belt, esto se hara mediante las 4 fases ya descritas antes en el capitulo 8.

El primer caso analizara la metodología para reducir tiempo en una maquina por la metodología de Green belt.

En la fase 0 se habla un sistema de automatización de una empresa de fabricación "X", durante ese periodo la caída de tiempo de inactividad de la maquina había aumentado un 45%, resultando en un costo de mano de obra, de 140,000-1450000. Si esta inactividad sigue así a final de año se tendrán más de 500,000 de costo, es por eso que se escogió a equipo de ingenieros para que estudien el caso. El objetivo de estos es reducir la inactividad o maximizar la actividad.

Fase 1: En esta fase se van a recolectar datos, para buscar los problemas, entre estos problemas se encuentran: 1.- Descripción de la Falla y la frecuencia, 2.- La falta de piezas., 3.- Falla en partes, 4.- Mantenimiento correctivo, 5.-Mantenimiento preventivo.6.- Problemas de calidad.7.- Cambiar de parte. 8.- Piezas mixtas.

Una vez realizados estos pasos hicieron una grafica de pareto el proceso de variación. Se encontró que el Límite superior era 19.55 y inferior 1.95. Después de esto se calculo el DPMO = 4.63E5.

En la Fase 2.- Se analizaran todos los datos obtenidos en la Fase 1, para buscar las oportunidades de mejora, y el pareto nos sirvió para encontrar los 5 porques.

Fase 3: El análisis y verificación de los datos se hace por medio del diagrama de pescado basado en la filosofía de los 5 porques. Una vez desarrollado el pescado uno puede darse cuenta el porqué de sus problemas y puede cambiar de fase.

Fase 4: En esta fase se trata de mejorar, controlar y mantener este proceso. Esto se hará mediante algunas metodologías ya antes mencionadas. 5s, TPM, Poka-Yoke, PFMEA, instrucciones de trabajo, plan de control, entre otros.

El caso 2 es una metodología para la reducción de defectos en máquinas de moldeo por inyección, en base a una metodología de Black Belt. Este caso trata de una empresa muy grande de manufactura que le cuesta reparar sus herramientas por encima de 2 millones de dólares y quiere saber si costea, para esto contrata a un equipo de BB. Fase 0 La meta es reducir costos al 20%.

Fase 1: El proyecto empieza desde el proveedor, entra, se procesa, sale y se vende. El 20% se distribuirá en los 5. Lo primero que tenemos que hacer es decirle al proveedor que los límites de especificación tienen una variabilidad de 0. La puntuación de calificación final es igual al resultado de las calificaciones técnicas multiplicado por el número de factores de importancia al cliente.

Una vez calculada esta puntuación se sabe si el operador es apto para estas máquinas en este caso obtuvo una puntuación menor a la requerida por lo que se requiere que el operador tenga un entrenamiento apropiado y de esta manera se prevendrán daños en las máquinas.

En la Fase 2 se analiza la causa raíz usando un diagrama de pescado, para esto utilizamos un multi-vari y un Pareto. Estos análisis nos dan información para continuar con el siguiente paso de mejora.

En la Fase 3 se realiza el diseño de experimentos, para identificar cuáles son los factores con mayor efecto en el proceso. Después de esto se realiza un análisis de RPN para encontrar todos los posibles modos de falla o fallas.

En la Fase 4 se realizan gráficas de control de media contra rango y se calcula la habilidad del proceso. Después de unos meses se confirma que la mejora sí fue eficiente.

Conclusión se redujo un 1.558E6 en el 1 año, por lo que se considera una buena inversión.

En el Capítulo 10 se estudia un caso parecido al anterior solamente que este es en un Multifactorial mientras el anterior era solo de un factor. En este proceso se analizan 3 factores con 3 variables independientes: Presión ($H_i=14,000$ - $L_o=6000$) psi, Velocidad ($H_i=80$, $L_o=40$) mm/s, velocidad plástica de tornillo ($H_i=200$, $L_o=100$) RPM, para espesor, peso y fuerza de las piezas.

En este problema tenemos un factorial de 2^3 . Las variables independientes ya mencionadas (Presión, Velocidad y Velocidad plástica), se usan mediante la norma ASTM de impacto- esfuerzo cuadrado de placas. (51mmx51mm, con un espesor= 3mm).

Con esto se puede hacer un modelaje de ecuaciones, primeramente calcular La elasticidad= Stress/tensión. De esta manera se puede crear una grafica a alta y bajo velocidad, y encontrar la mejor opción.

Se pueden graficas para alta y bajo (presión y Velocidad plastificante) y encontrar las mejores opciones y con esto saber a k presión, velocidad y velocidad plastificante usar. Con esto se acaba el libro.