



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Mejora de calidad y productividad de un proceso
mediante la filosofía “*Seis Sigma*” en la fabricación de
productos en el área metalmecánica

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

P R E S E N T A :

CARLOS ALBERTO REYNAGA DELGADO



DIRECTOR: ING. ADOLFO ANDRÉS VELASCO REYES

CIUDAD UNIVERSITARIA

MÉXICO 2011



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradecimiento

Definitivamente, Dios, sabes lo importante que ha sido para mí tu presencia en este camino en donde culmino esta etapa muy importante en mi vida.

A mis Padres, que estuvieron hombro a hombro, que con su ternura, comprensión, por su ejemplo de lucha y honestidad dieron forma al hijo que no encuentra palabras para agradecerles en unos párrafos, pero no por ello voy a dejar de decirles que esto no hubiera podido ser realidad sin ustedes.

A mis hermanos por haberme acompañado en todo momento y por darme la posibilidad de que una palabra signifique tanto para mí... FAMILIA

Al igual agradezco a la familia Peréa Román por su apoyo, en especial a ti tierna, por ser luz que alumbra en el camino, por darme ánimos de alcanzar este logro, por enseñarme que todo esfuerzo tiene su recompensa. Gracias Romina.

A aquellos que fueron ejemplo de rectitud y amistad, mi tío Luis y Peri, gracias. Para aquellos amigos que han compartido conmigo los "ires y venires" en el plano personal: Juan, Oswaldo, Carlos, Balde, compa Eduardo.

Agradezco de igual manera a mi tutor quien me ha orientado en todo momento y ha sido guía en la realización de este trabajo. A mis sinodales por haber colocado su granito de arena, agradezco de forma sincera su valiosa colaboración.

Índice

Resumen.....	1
Introducción.....	2
Objetivo.....	3
Antecedentes.....	4
Justificación.....	12
CAPÍTULO 1 “MARCO TEÓRICO”	
Desarrollo histórico de Seis Sigma.....	13
Qué es seis Sigma.....	14
La empresa 3 Sigma.....	17
La empresa 6 Sigma.....	17
Por qué seis niveles Sigma.....	20
Tabla de sigma del proceso.....	22
Tabla de distribución normal.....	25
Organización para la estrategia Seis Sigma.....	26
CAPÍTULO 2 “METODOLOGÍA SEIS SIGMA”	
Metodología Seis Sigma.....	32
Diseño para Seis Sigma – DFSS.....	33
DMAIC.....	34
Definición del proyecto.....	35
Medición de las características.....	43
Análisis de datos e información.....	46
Mejora del proceso.....	49
Control del proceso.....	52

CAPÍTULO 3 “CASO DE ESTUDIO”

Proyecto.....	53
Etapa Definir.....	53
Etapa Medir.....	63
Etapa Analizar.....	80
Etapa Mejorar.....	82
Etapa Control.....	87
Resultados.....	88
CONCLUSIONES.....	91
BIBLIOGRAFÍA.....	95

Resumen

El siguiente estudio hace énfasis en la metodología Seis Sigma con la cual grandes empresas han concentrado esfuerzos para llegar a niveles de calidad más altos. La metodología Seis Sigma es un sistema flexible, amplio y completo, sustentado en diversas herramientas de estadística.

Este trabajo muestra en su primer capítulo la definición de Seis Sigma, también define la estructura organizacional para el correcto desarrollo de proyectos Seis Sigma. Esta información es puramente teórica y propia de la metodología Seis Sigma, por eso en el capítulo 3 se trata el desarrollo de un proyecto planteado por Schneider Electric México que es muestra de los resultados que se obtienen en cada una de las etapas de la metodología Seis Sigma (capítulo 2), más no hace un riguroso énfasis en herramientas estadísticas aplicables, ni en definiciones concretas de Seis Sigma, ya que este trabajo no pretende mostrar un compendio de información sino busca lograr los objetivos planteados en la definición del proyecto.

Introducción

A principios del siglo XX, bajo la batuta de los fabricantes automotrices estadounidenses, la producción en masa se convirtió en el método a seguir por las grandes manufactureras. Para Henry Ford, la construcción de sus autos negro modelo suponía un gran volumen de consumidores en espera del mismo producto, este esquema de producción que perseveró incluso mucho más allá de 1927 trajo consigo una revolución tecnológica que abarato los costos y mejoro la calidad de los productos.

Todo se suponía bien, hasta que en los años sesenta y setenta los empresarios se dieron cuenta de que producir en grandes volúmenes implicaba poseer enormes bodegas con inventarios descomunales, tanto de materia prima, componentes y producto terminado. Además, responder a cambios en las tendencias de compra, si bien no era imposible, si tomaba mucho tiempo..

Como parte de la estrategia de las empresas establecidas en México para mejorar sus sistemas productivos y alcanzar un mejor nivel competitivo se adoptaron métodos de manufactura que se iniciaron en Japón desde la década de los años sesenta y que ayudo a que las empresas japonesas pudieran competir en el mercado internacional. El conjunto de estos métodos se conoce como manufactura esbelta.

Por otra parte, algunas empresas medianas y grandes impulsadas por sus corporativos ubicados en el extranjero también han empezado a implementar métodos que dieron resultados muy favorables a empresas de alta tecnología como Motorola y General Electric, que en la década de los años 1980 dieron creación a la filosofía Seis Sigma. Estos métodos se basan en la aplicación de técnicas estadísticas para la reducción de la variabilidad en los procesos, con lo que se minimizan los defectos y los errores con la visión de reducirlos en cero.

Para competir a nivel mundial, las compañías de manufactura mexicanas ahora requieren de políticas, prácticas y sistemas que eliminen el desperdicio y logran crear valor para el cliente, donde el valor es percibido por los clientes como una combinación de costo, calidad, disponibilidad del producto, servicio, confiabilidad, tiempo de entrega, entregas a tiempo, etc. Ser de clase mundial significa que la compañía puede competir con éxito y lograr utilidades en un ambiente de competencia mundial, en este momento y seguir haciéndolo en el futuro.

OBJETIVO

El objetivo general de este trabajo es el de mostrar un caso práctico de la aplicación de la metodología Seis Sigma que evidencie en forma clara y concisa los pasos a seguir para la solución de un problema real planteado, se pretende que sirva como una guía que facilite la comprensión y aplicación de los diferentes métodos y herramientas estadísticas de aquellos que implementen proyectos de mejora bajo la metodología Seis Sigma.

Antecedentes

Schneider Electric México

Schneider Electric esta conformado por un grupo de empresas dedicadas al giro eléctrico, en México se encuentran las marcas.

Square D

Está presente en el mercado de la construcción residencial, comercial e industrial, en un gran rango en el área de la manufactura y proceso industrial, así mismo en los sectores de telecomunicaciones, petróleo, energía, agua e infraestructura en general.

Federal Pacific

En el sector de la construcción, Federal Pacific se destaca en los ramos comercial, industrial y residencial, cumpliendo incluso con los requisitos del Infonavit en lo que se refiere a la construcción de conjuntos habitacionales.

Merlin Gerin

Participando en distintos sectores del mercado; residencial, comercial e industrial, nuestro compromiso es simplificar tareas, mejorar la seguridad e incrementar la productividad, reduciendo al mismo tiempo costos de operación, además de mejorar la disponibilidad y calidad de la energía en sus instalaciones.

Telemecanique

Telemecanique le ofrece productos para el control y la autorización de la energía eléctrica. Nuestros productos ofrecen soluciones completas a los problemas de los sistemas de manufactura aplicados por computadora, incluyendo controladores lógicos programables, variadores de velocidad, control numérico y arquitecturas de comunicación así como productos para el control y protección de motores eléctricos.

Himel

HIMEL (Hispano Mecano Eléctrica S.A.), es la marca de Schneider Electric, con más de 50 años de experiencia en el diseño y fabricación de envolventes metálicas y aislantes para material eléctrico y telecomunicaciones

Misión

Dar lo mejor del nuevo Mundo Eléctrico a todos, en todas partes y en todo momento.

Visión

El futuro luce más eléctrico.

Una nueva era está naciendo donde la electricidad, automatización y las tecnologías de comunicación convergen

La electricidad flexible, segura y limpia juega un rol esencial en nuestras vidas.

Haz lo mas con tu energía

Historia

1836: Dos hermanos de nombre Adolphe y Eugéne Schneider adquieren una planta en Le Creusot. Esta compañía fue uno de los pioneros en maquinaria pesada y en la Industria del acero, además del transporte (barcos, trenes, etc.)

1871: Henri Schneider, hijo de Eugéne, reconoce la obvia superioridad del acero para usos militares. Nuevos procesos introducidos en los últimos años, forjaron un acero más fuerte y a costos más bajos. Schneider innovó en la producción de acero y hierro, y rápidamente se convirtió en uno de los

principales fabricantes de Europa en armas e infraestructura.

- 1900:** A comienzos del siglo XX Eugéne II, hace inversiones en varios países en minería, electricidad y acero. Muchas de las exportaciones de la compañía vinieron debido al éxito en la producción de armas. Al comienzo de la Primera Guerra Mundial, Schneider había alcanzado su objetivo establecido en 1870, de construir cañones tan efectivos como los Krupp's
- 1902:** Bryson D. Horton, un Ingeniero Eléctrico establece Mc. Bride Manufacturing Company, la cual dirigió hasta 1928.
- 1917:** Henri Schneider, hijo de Eugéne, reconoce la obvia superioridad del acero para usos militares. Nuevos procesos introducidos en los últimos años, forjaron un acero más fuerte y a costos más bajos. Schneider innovó en la producción de acero y hierro, y rápidamente se convirtió en uno de los principales fabricantes de Europa en armas e infraestructura.
- 1920:** A comienzos del siglo XX Eugéne II, hace inversiones en varios países en minería, electricidad y acero. Muchas de las exportaciones de la compañía vinieron debido al éxito en la producción de armas. Al comienzo de la Primera Guerra Mundial, Schneider había alcanzado su objetivo establecido en 1870, de construir cañones tan efectivos como los Krupp's.
- 1924:** Michel Le Gouellec adquiere Manufacture d' Appareillage Electrique, la cual se convirtió en Telemecanique Electrique en 1928. André Blanchet patentó el primer contactor. La empresa comenzó produciendo contactores, relevadores de tiempo, cajas de distribución y botonería.
- 1926:** Square D construye el primer tablero de distribución. Telemecanique crea su servicio post-venta y se abren agencias en Grenoble, Lille, Nantes, Metz,

Lyon y en más ciudades francesas.

- 1929:** Square D incursiona en el control industrial luego de su fusión con Industrial Controller Company y comienza a producir interruptores termomagnéticos bajo licencia de Westinghouse.

- 1944:** Una vez que Francia fue liberada, Schneider tuvo que reconvertirse. El nuevo jefe ejecutivo de la compañía Charles Schneider, gradualmente abandonó la producción de armas para enfocarse en necesidades civiles. Una profunda reestructura fue conducida en 1949 preparando a Schneider para el mundo moderno.

- 1959:** Charles Schneider quiere expandir, modernizar y racionalizar la compañía. El aplicó este slogan a todos los segmentos del negocio, desde la construcción y el acero a la electricidad y potencia nuclear, además de la estrategia de adquisiciones y exportación.

- 1964:** Este año se funda Federal Pacific Electric, el segundo productor de equipo eléctrico en México. El objetivo de Federal Pacific en México fue perseguir la innovación y la perfección tecnológica en la manufactura de equipos, lo que prevé la compleja tarea de administrar la energía eléctrica.

- 1972;** Square D establece subsidiarias en Sudáfrica e Irlanda. La red internacional incluía 400 distribuidores en 75 países. La compañía tenía tres plantas fuera de Estados Unidos con 3000 empleados.

- 1978:** Square D abre agencias en Singapur, Tailandia y Filipinas. Las ventas exceden los 500 millones de dólares (el doble de 1971). Se lanza el Symax

PLC y el sistema de administración de energía watchdog.

- 1986:** Después de consolidarse financieramente Schneider comenzó a cambiar de frente a finales de los 80's. Didier Pineau-Valencienne (Director Ejecutivo) trajo a Merlin Gerin firmemente al grupo y luego lanzó una ambiciosa estrategia de crecimiento a través de adquisiciones. Telemecanique en 1988 y Square D en 1991. Schneider completó su estrategia, refocalizándose en la electricidad en 1996, al desligarse de Spie Batignolles. En sólo diez años la compañía se transformó a sí misma en un productor de clase mundial, de equipo eléctrico, control industrial y automatización.

- 1987:** Merlin Gerin toma control de Federal Pacific Electric en México, su más grande subsidiaria fuera de Europa con 1200 empleados, diez agencias de venta y una red de cinco distribuidores.

- 1988:** Telemecanique se convierte en parte de Groupe Schneider, con 14,500 empleados, 32 subsidiarias fuera de Francia y 4100 puntos de venta.

- 1990:** Antes de unirse a Schneider, Square D tenía 18,500 empleados, operaba en 23 países y tenía ventas por 1.65 billones de dólares.

- 1994:** Merlín Gerin Telemecanique se fusionan con Schneider Electric SA

- 1996:** Schneider adquiere AEG Schneider Automation y crea Schneider Automation Inc.

- 1997:** Modicon se convierte en la cuarta marca global de Schneider. Los PLC's vendidos bajo la marca de Modicon, Square D y Telemecanique son uno de los negocios estratégicos. Los equipos se fabrican en siete plantas ubicadas en Estados Unidos, Alemania y Francia. Este negocio es el tercero a nivel mundial y segundo en Europa y Norteamérica.
- 1999:** En Mayo. Groupe Schneider cambia su nombre a Schneider Electric para apuntar claramente a su area focal: la electricidad.
- 2000:** Con el nuevo siglo, suceden los cambios en las plantas de México referentes a la estandarización de las plantas productivas al Sistema de Producción Schneider

Giro de la empresa

Líder mundial dedicado a la gestión de la electricidad y la automatización, ofreciendo soluciones integrales para: la energía e infraestructura, industria, construcción comercial y residencial.

Productos y servicios

- Equipos de medición
- Iluminación de señalización y emergencia
- Iluminación decorativa
- Iluminación general
- Interruptores termomagnéticos y de seguridad
- Tableros de distribución en baja tensión
- Tableros panel
- Transformadores

- Subestaciones
- Centros de carga

Entre otros.

La figura siguiente muestra las oficinas de ventas de Schneider en México

Figura 1. Oficinas de ventas en México



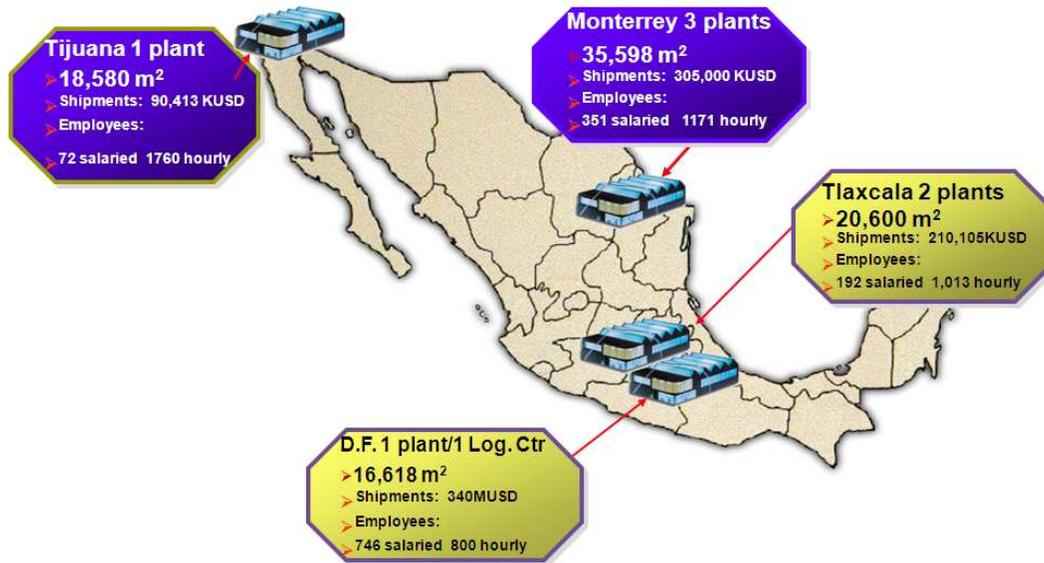
Planta 1

D.F. Rojo Gómez

La planta de Rojo Gómez (debe su nombre al hecho de estar localizada en esa avenida) se divide en tres áreas de acuerdo al proceso de producción. La primera parte que es de Fabricación, en donde llegan todos los materiales que se transformarán mediante un proceso de corte, punzonado, doblado, soldadura y pintura. Esta parte de la producción abastecerá a las otras dos partes de la planta, ETO y STD. En el área de ETO se ensamblan productos diseñados al pedido del cliente y el área STD ensambla productos más comunes y que se llegan a demandar en gran cantidad, como los centros de carga, interruptores de seguridad y centros de medición, entre otros.

En la figura siguiente podemos ver las diferentes plantas productivas de Schneider Electric en México.

Figura 2. Plantas productivas de Schneider Electric en México



Justificación

Para competir en el ámbito de la manufactura de clase mundial, es necesario adoptar políticas y procedimientos fieles a aumentar la productividad, calidad y seguridad en una empresa, refiriéndonos a Schneider Electric, desde el año 2000 se adoptó a la manufactura esbelta como el sistema a seguir, cumpliendo satisfactoriamente con las metas establecidas para su correcta operación. Con el paso de los años, los objetivos se hacen más difíciles de alcanzar, la mejora continua cumple con su tarea, pero no es suficiente para cubrir las necesidades del cliente, por lo que se adopta la metodología Seis Sigma para aplicar mejoras a los procesos.

Es por esta razón que se basa el estudio tratando de mejorar un proceso del área de fabricación que repercute en costos de no calidad como retrabajos y pérdidas (Scrap) a través de la metodología Seis Sigma.

Capítulo 1

Desarrollo Histórico de Seis Sigma

Sus orígenes se remontan a 1985 cuando un ingeniero de Motorola presentó una investigación en la que concluía que si un producto defectuoso era corregido durante su fabricación, otros artículos no serían detectados hasta que el cliente final los recibiera. Por otro lado, si una mercancía era elaborada libre de errores, rara vez le fallaría al cliente.

Convencido del trabajo que había desarrollado este ingeniero, el Dr. Mikel J. Harry creó una estrategia para implementar el Seis Sigma en las organizaciones, lo cual fue difundido en la publicación "The Strategic Vision for Accelerating Seis Sigma within Motorola". Esta nota contribuyó a conseguir apoyo financiero además de esta compañía de otras igual de importantes para la creación del Seis Sigma Research Institute. Después de 10 años de trabajo, implementando y mejorando la estrategia de Seis Sigma, el Instituto se transformo en la Academia Seis Sigma (Seis Sigma Academy).

El Dr. Harry desarrollo tanto la estrategia de la implementación de Seis Sigma la cual se basa en su filosofía, como una metodología denominada DMAIC por sus siglas en Ingles (Define, Measure, Analyze, Improve and Control) y que significan Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar que a través del uso ordenado de diferentes herramientas se logra reducir la variación y mejorar la rentabilidad de las empresas que la utilizan.

Jack Welch (CEO de GE) esperaba cinco años después de haber alcanzado la iniciativa de seis sigma obtener ahorros que fueran de los 8000 a 12000 mdd.

Para esto, en 1997 GE invirtió 400 millones de dólares en el entrenamiento de personal en esta materia. Hoy en día GE cuenta con 4000 Black Belt, los cuales produjeron 17000 proyectos en un año, esto significa alrededor de 4 proyectos por Black Belt.

Adicional a las mejoras económicas originadas por la reducción de los defectos, desperdicios y tiempos ciclos, entre otros, esta metodología proporciona un mejor entendimiento de las necesidades de los clientes logrando enfocar a las empresas en las características críticas de los procesos.

Qué es Seis Sigma

Sigma = σ

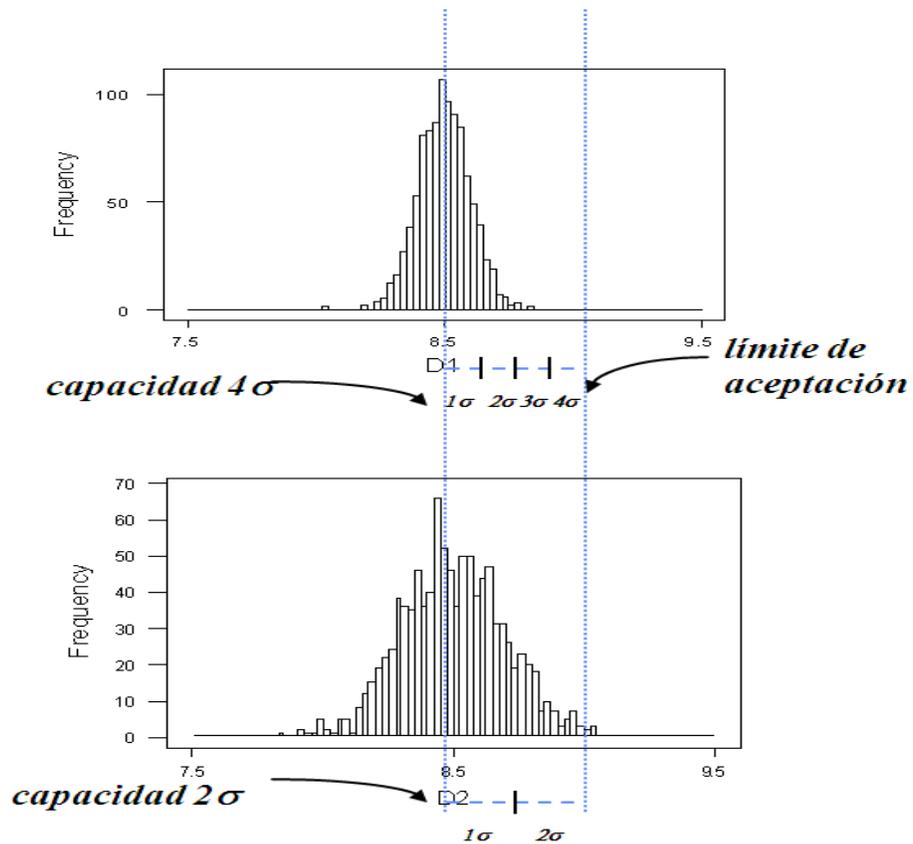
- Seis Sigma es una metodología que reta nuestra manera de pensar con respecto a la calidad
- Una medida que demuestra niveles de calidad de 99.9997% tanto para productos como para procesos
- Una aplicación práctica de herramientas y métodos estadísticos que nos ayudan a medir, analizar, mejorar y controlar nuestros procesos
- En sentido más amplio significa... Calidad de Clase Mundial. Proveer mejores productos o servicios, más rápido y a menor costo que la competencia
- La Variación es el Enemigo de la Satisfacción del Cliente. "Siempre hay que conocer el idioma del enemigo"

- Seis Sigma es una visión y una filosofía de compromiso con nuestros clientes para ofrecer productos y servicios con la más alta calidad, al menor costo y en menor tiempo que nuestra competencia

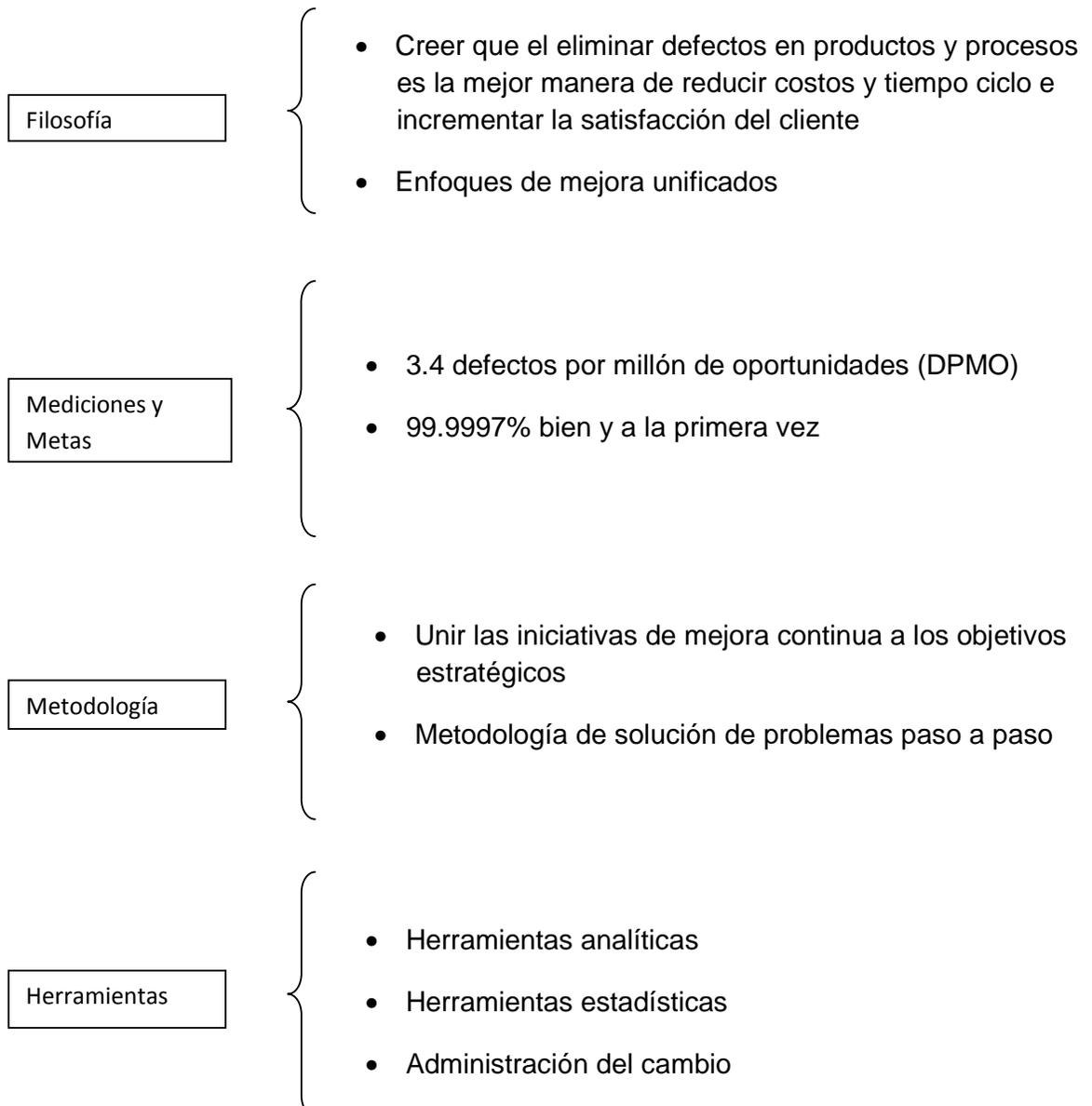
Gráficamente Seis Sigma

Al reducir la variación se reduce la σ , con el consiguiente aumento de la capacidad del proceso y reducción de probabilidad de defectos.

Figura 3. Gráficamente Seis Sigma.



Características Seis Sigma



La Empresa 3 Sigma

- Gasta del 15 al 25% de su ingreso en dólares de ventas en costo de fallas
- Produce 66,807 defectos por cada millón de oportunidades
- Confía en su servicio de inspección para localizar defectos
- Cree que la calidad superior es muy cara
- No tiene un sistema disciplinado para recopilar y analizar los datos
- Considera que el 99% es lo suficientemente bueno
- Define internamente los CTOs (Críticos para Calidad)
- Recurre a métodos de prueba y error
- Se basa en datos imprecisos (o no hay datos disponibles)

La Empresa 6 sigma

- Gasta sólo 5% de su ingreso en dólares de ventas en costo de fallas
- Produce 3.4 defectos por cada millón de oportunidades
- Confía en procesos eficaces que no producen fallas
- Reconoce que el productor de alta calidad SIGUE SIENDO el productor de costos bajos
- Utiliza pasos para definir, medir, analizar, mejorar, controlar, diseñar, verificar
- Considera que el 99% no es aceptable
- Define de manera externa sus CTQ's (críticos para calidad)

Como lo muestra la figura siguiente, los problemas de la generación de costos por no calidad no son fácilmente visibles.

Figura 4. El costo de la calidad tradicional es solo la punta del iceberg . Como en la naturaleza, no todo lo que alcanzamos a ver es la realidad de las cosas. "Curso Green Belt Schneider electric"



Los proyectos Seis Sigma están alineados a las estrategias del negocio bajo el siguiente modelo matemático.

$$Y = f (X1, X2, X3, X4, \dots, \dots, Xi)$$

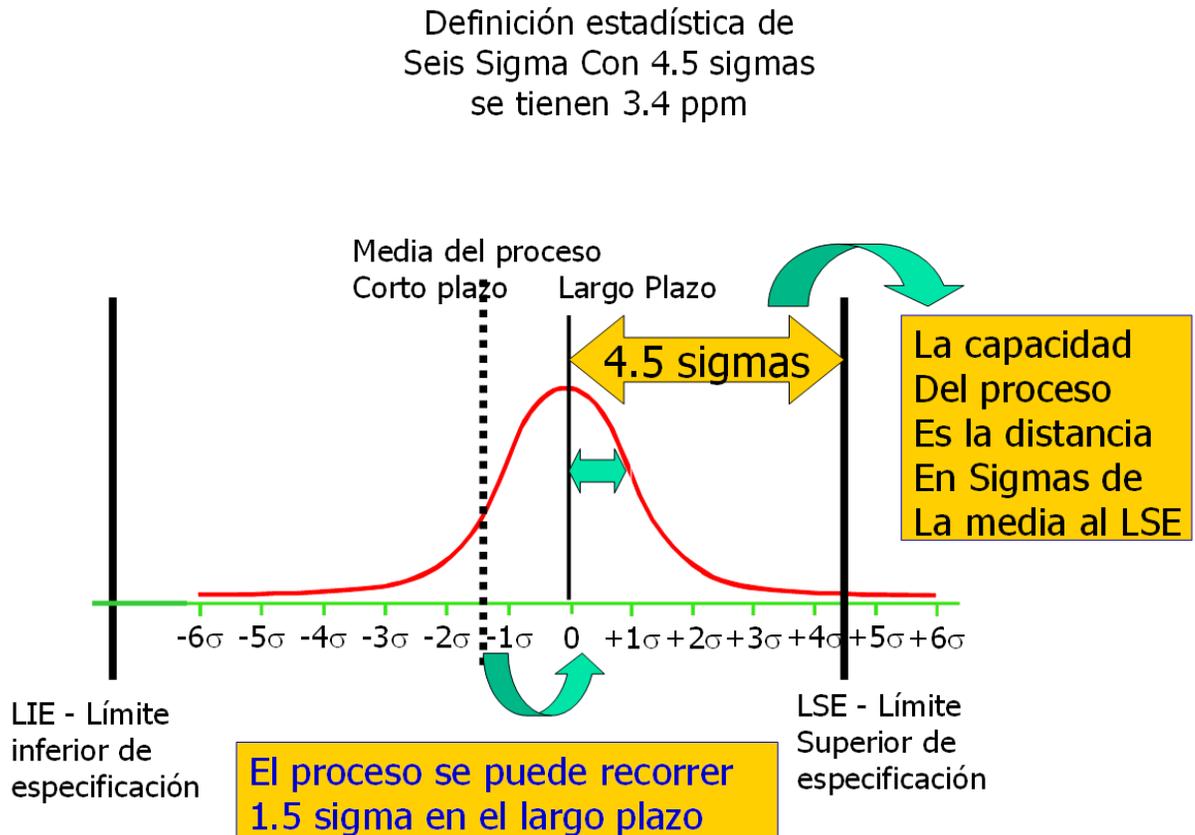
El total de la variación en la salida de un proceso es el resultado de toda la variación de las entradas de dicho proceso.

Si deseamos mejorar las salidas del proceso (Ys), necesitamos entender o llegar a conocer íntimamente los aspectos del proceso que afectan las entradas o requerimientos críticos que tienen impacto al cliente (Xs)

Cuando hablamos de la relación entre los niveles de Sigma y de los PPMs (partes por millón) muchos han cuestionado el hecho de que cuando nos referimos a Seis Sigma se haga la relación con 3.4 ppm, sin embargo viendo la gráfica de la campana normal no es así. Un proceso de Seis Sigma representa cerca de cero ppm. Por otro lado 3.4 ppm representan 4.5 sigma, esto tiene

relación con la teoría valida de los matemáticos Belder (1975), Evans (1975) y Wilson (1951), la cual menciona que todos los procesos sufren un desplazamiento de $\pm 1.5 \sigma$.

Figura 5. Definición estadística de Seis Sigma. Con 4.5 Sigmas se tienen 3.4 ppm



Por Qué 6 Niveles Sigma

En el modelo Seis Sigma, base de este proyecto, los niveles Sigma se relacionan directamente con los Defectos por Millón de oportunidades (DPMO) y el rendimiento de un proceso (tabla1). Esta tabla presenta los niveles de la 1ª a la 6ª, donde un nivel 1 representa un bajo rendimiento y gran cantidad de DPMO, siendo un panorama muy negativo del proceso. Lo contrario sucede con un nivel 6ª donde el proceso obtiene un alto rendimiento y solamente 3.4 defectos por millón de oportunidades.

Los niveles Seis Sigma se miden en defectos por millón de oportunidades (DPMO), y se utiliza como un sistema métrico ya que es un indicador más sensible que el porcentaje, concentrándose en el defecto, proporcionando así una escala por la cual se pueden comparar los procesos.

Una oportunidad se presenta cada vez que se maneja el producto, el servicio o la información; el punto en el cual el requisito de calidad de un cliente se cumple o no, mientras que las oportunidades de defectos representan el número de veces que podría incumplir un requisito.

Existen dos métodos para el cálculo del nivel sigma dependiendo de las siguientes situaciones:

Método 1

Calcular el rendimiento y buscar en la tabla Sigma: Para poder aplicar este método debe tener 5 o más defectos, también debe tener únicamente el límite de tolerancia según el tipo de variable, y se calcula de la siguiente forma:

1. Determinar el número de defectos por unidad (O)
2. Determinar el número de unidades procesadas (N)
3. Determinar el número total de defectos presentes (D)
4. Calcular defectos por oportunidad (DPO) $DPO = D / (N * O)$
5. Calcular el Rendimiento = $(1 - DPO) * 100$
6. Buscar la sigma en la tabla 1

Ejemplo:

Unidades de un producto = 1000

Defectos del producto = 138

Oportunidades por unidad = 1

$DPO = 138 / 1000 * 1 = 0.138$

$Rendimiento = (1 - 0.138) * 100 = 86.2\%$

Al comparar con la tabla 1, el valor sigma del proceso es 2.59, este nivel indica que tiene aprox. 158,655 DPMO y un rendimiento del 84.1%.

El número de oportunidades por unidad debe permanecer constante antes y después del mejoramiento.

TABLA DE CONVERSIÓN DE CAPACIDAD DEL PROCESO EN SIGMAS – METODO 1

(www.icicm.com/files/MedicionesSS.doc)

Tabla 1

Sigma	DPMO	YIELD	Sigma	DPMO	YIELD
6	3.4	99.99966%	2.9	80,757	91.9%
5.9	5.4	99.99946%	2.8	96,801	90.3%
5.8	8.5	99.99915%	2.7	115,070	88.5%
5.7	13	99.99866%	2.6	135,666	86.4%
5.6	21	99.9979%	2.5	158,655	84.1%
5.5	32	99.9968%	2.4	184,060	81.6%
5.4	48	99.9952%	2.3	211,855	78.8%
5.3	72	99.9928%	2.2	241,964	75.8%
5.2	108	99.9892%	2.1	274,253	72.6%
5.1	159	99.984%	2	308,538	69.1%
5	233	99.977%	1.9	344,578	65.5%
4.9	337	99.966%	1.8	382,089	61.8%
4.8	483	99.952%	1.7	420,740	57.9%
4.7	687	99.931%	1.6	460,172	54.0%
4.6	968	99.90%	1.5	500,000	50.0%
4.5	1,350	99.87%	1.4	539,828	46.0%
4.4	1,866	99.81%	1.3	579,260	42.1%
4.3	2,555	99.74%	1.2	617,911	38.2%
4.2	3,467	99.65%	1.1	655,422	34.5%
4.1	4,661	99.53%	1	691,462	30.9%
4	6,210	99.38%	0.9	725,747	27.4%
3.9	8,198	99.18%	0.8	758,036	24.2%
3.8	10,724	98.9%	0.7	788,145	21.2%
3.7	13,903	98.6%	0.6	815,940	18.4%
3.6	17,864	98.2%	0.5	841,345	15.9%
3.5	22,750	97.7%	0.4	864,334	13.6%
3.4	28,716	97.1%	0.3	884,930	11.5%
3.3	35,930	96.4%	0.2	903,199	9.7%
3.2	44,565	95.5%	0.1	919,243	8.1%
3.1	54,799	94.5%			
3	66,807	93.3%			

Método 2

Obtener el rendimiento del área bajo la curva normal en la tabla 2
Este método se aplica cuando tiene menos de 5 defectos.

1. Se debe indicar el promedio, desviación estándar y los límites de las especificaciones (límites de tolerancia superior e inferior)
2. Se determinan los valores Z_1 y Z_2 ; correspondientes:

$$Z_1 = (LS - \mu) / \delta$$

$$Z_2 = (LI - \mu) / \delta$$

Por medio de la tabla normal (Tabla 2) se encuentran los valores de las áreas relacionadas con el valor de Z_1 y Z_2

3. Se calcula las probabilidades de defecto sumando los valores de las áreas
4. Se calcula el rendimiento = $(1 - \text{probabilidades de defecto}) * 100$
5. Se compara el valor de rendimiento con la tabla sigma del proceso (Tabla 1) y se halla el valor sigma del proceso.

Ejemplo:

Unidades = 1683

Defectos = 3

$\mu = 199$ $\delta = 7$

LI = 180 LS = 240

Entonces:

$$Z_1 = (LS - \mu) / \delta = (240 - 199) / 7 = 5.857$$

$$Z_2 = (LI - \mu) / \delta = (180 - 199) / 7 = -2.714$$

Al relacionar los valores de Z1 y Z2 en la tabla 2 encontramos las áreas correspondientes

Área de Z1 = 0 Área de Z2 = 0.003364

El área correspondiente a Z1 es cero ya que el valor de Z1 = 5.857 está fuera de los límites de la tabla de distribución normal.

Rendimiento = $(1 - 0.003364) * 100 = 99.6636$

Y al compararlo con la tabla 1 el valor sigma es 4.2

Este nivel indica que tiene aproximadamente 3467 DPMO y un rendimiento del 99.65 %

En la siguiente tabla podemos encontrar los valores de las áreas correspondientes a Z1 y Z2

Tabla 2

Tabla de distribución normal. Método 2. (www.icim.com/files/MedicionesSS.doc)

Standard Normal Table													
Z	Area	Z	Area	Z	Area	Z	Area	Z	Area	Z	Area	Z	Area
0.00	0.500000	0.60	0.274253	1.20	0.115070	1.80	0.035930	2.40	0.008198	3.00	0.001360	3.60	0.000159
0.01	0.496011	0.61	0.270931	1.21	0.113139	1.81	0.035148	2.41	0.007976	3.01	0.001306	3.61	0.000153
0.02	0.492022	0.62	0.267629	1.22	0.111232	1.82	0.034380	2.42	0.007760	3.02	0.001264	3.62	0.000147
0.03	0.488034	0.63	0.264347	1.23	0.109349	1.83	0.033625	2.43	0.007549	3.03	0.001223	3.63	0.000142
0.04	0.484047	0.64	0.261086	1.24	0.107488	1.84	0.032884	2.44	0.007344	3.04	0.001183	3.64	0.000136
0.05	0.480061	0.65	0.257846	1.25	0.105650	1.85	0.032157	2.45	0.007143	3.05	0.001144	3.65	0.000131
0.06	0.476078	0.66	0.254627	1.26	0.103835	1.86	0.031443	2.46	0.006947	3.06	0.001107	3.66	0.000126
0.07	0.472097	0.67	0.251429	1.27	0.102042	1.87	0.030742	2.47	0.006756	3.07	0.001070	3.67	0.000121
0.08	0.468119	0.68	0.248252	1.28	0.100273	1.88	0.030054	2.48	0.006569	3.08	0.001035	3.68	0.000117
0.09	0.464144	0.69	0.245097	1.29	0.098525	1.89	0.029379	2.49	0.006387	3.09	0.001001	3.69	0.000112
0.10	0.460172	0.70	0.241964	1.30	0.096800	1.90	0.028717	2.50	0.006210	3.10	0.000968	3.70	0.000108
0.11	0.456205	0.71	0.238852	1.31	0.095098	1.91	0.028067	2.51	0.006037	3.11	0.000935	3.71	0.000104
0.12	0.452242	0.72	0.235763	1.32	0.093418	1.92	0.027429	2.52	0.005868	3.12	0.000904	3.72	0.000100
0.13	0.448283	0.73	0.232695	1.33	0.091759	1.93	0.026803	2.53	0.005703	3.13	0.000874	3.73	0.000096
0.14	0.444330	0.74	0.229650	1.34	0.090123	1.94	0.026190	2.54	0.005543	3.14	0.000845	3.74	0.000092
0.15	0.440382	0.75	0.226627	1.35	0.088508	1.95	0.025588	2.55	0.005388	3.15	0.000816	3.75	0.000088
0.16	0.436441	0.76	0.223627	1.36	0.086915	1.96	0.024998	2.56	0.005234	3.16	0.000789	3.76	0.000085
0.17	0.432505	0.77	0.220650	1.37	0.085343	1.97	0.024419	2.57	0.005085	3.17	0.000762	3.77	0.000082
0.18	0.428576	0.78	0.217695	1.38	0.083793	1.98	0.023852	2.58	0.004940	3.18	0.000736	3.78	0.000078
0.19	0.424655	0.79	0.214764	1.39	0.082264	1.99	0.023295	2.59	0.004799	3.19	0.000711	3.79	0.000075
0.20	0.420740	0.80	0.211855	1.40	0.080757	2.00	0.022750	2.60	0.004661	3.20	0.000687	3.80	0.000072
0.21	0.416834	0.81	0.208970	1.41	0.079270	2.01	0.022216	2.61	0.004527	3.21	0.000664	3.81	0.000069
0.22	0.412936	0.82	0.206108	1.42	0.077804	2.02	0.021692	2.62	0.004396	3.22	0.000641	3.82	0.000067
0.23	0.409046	0.83	0.203269	1.43	0.076359	2.03	0.021178	2.63	0.004269	3.23	0.000619	3.83	0.000064
0.24	0.405165	0.84	0.200454	1.44	0.074934	2.04	0.020675	2.64	0.004145	3.24	0.000598	3.84	0.000062
0.25	0.401294	0.85	0.197663	1.45	0.073529	2.05	0.020182	2.65	0.004025	3.25	0.000577	3.85	0.000059
0.26	0.397432	0.86	0.194895	1.46	0.072145	2.06	0.019699	2.66	0.003907	3.26	0.000557	3.86	0.000057
0.27	0.393580	0.87	0.192150	1.47	0.070781	2.07	0.019226	2.67	0.003793	3.27	0.000538	3.87	0.000054
0.28	0.389739	0.88	0.189430	1.48	0.069437	2.08	0.018763	2.68	0.003681	3.28	0.000519	3.88	0.000052
0.29	0.385908	0.89	0.186733	1.49	0.068112	2.09	0.018309	2.69	0.003573	3.29	0.000501	3.89	0.000050
0.30	0.382089	0.90	0.184060	1.50	0.066807	2.10	0.017864	2.70	0.003467	3.30	0.000483	3.90	0.000048
0.31	0.378280	0.91	0.181411	1.51	0.065522	2.11	0.017429	2.71	0.003364	3.31	0.000466	3.91	0.000046
0.32	0.374484	0.92	0.178786	1.52	0.064255	2.12	0.017003	2.72	0.003264	3.32	0.000450	3.92	0.000044
0.33	0.370700	0.93	0.176186	1.53	0.063008	2.13	0.016586	2.73	0.003167	3.33	0.000434	3.93	0.000042
0.34	0.366928	0.94	0.173609	1.54	0.061780	2.14	0.016177	2.74	0.003072	3.34	0.000419	3.94	0.000041
0.35	0.363169	0.95	0.171056	1.55	0.060571	2.15	0.015778	2.75	0.002980	3.35	0.000404	3.95	0.000039
0.36	0.359424	0.96	0.168528	1.56	0.059380	2.16	0.015388	2.76	0.002890	3.36	0.000390	3.96	0.000037
0.37	0.355691	0.97	0.166023	1.57	0.058208	2.17	0.015003	2.77	0.002803	3.37	0.000376	3.97	0.000036
0.38	0.351973	0.98	0.163543	1.58	0.057053	2.18	0.014629	2.78	0.002718	3.38	0.000362	3.98	0.000034
0.39	0.348268	0.99	0.161087	1.59	0.055917	2.19	0.014262	2.79	0.002635	3.39	0.000349	3.99	0.000033
0.40	0.344578	1.00	0.158656	1.60	0.054799	2.20	0.013903	2.80	0.002555	3.40	0.000337	4.00	0.000032
0.41	0.340903	1.01	0.156248	1.61	0.053699	2.21	0.013553	2.81	0.002477	3.41	0.000325	4.01	0.000030
0.42	0.337243	1.02	0.153864	1.62	0.052616	2.22	0.013209	2.82	0.002401	3.42	0.000313	4.02	0.000029
0.43	0.333598	1.03	0.151505	1.63	0.051551	2.23	0.012874	2.83	0.002327	3.43	0.000302	4.03	0.000028
0.44	0.329969	1.04	0.149170	1.64	0.050503	2.24	0.012545	2.84	0.002256	3.44	0.000291	4.04	0.000027
0.45	0.326355	1.05	0.146859	1.65	0.049471	2.25	0.012224	2.85	0.002186	3.45	0.000280	4.05	0.000026
0.46	0.322758	1.06	0.144572	1.66	0.048457	2.26	0.011911	2.86	0.002118	3.46	0.000270	4.06	0.000025
0.47	0.319178	1.07	0.142310	1.67	0.047460	2.27	0.011604	2.87	0.002052	3.47	0.000260	4.07	0.000024
0.48	0.315614	1.08	0.140071	1.68	0.046479	2.28	0.011304	2.88	0.001988	3.48	0.000251	4.08	0.000023
0.49	0.312067	1.09	0.137857	1.69	0.045514	2.29	0.011011	2.89	0.001926	3.49	0.000242	4.09	0.000022
0.50	0.308538	1.10	0.135666	1.70	0.044565	2.30	0.010724	2.90	0.001866	3.50	0.000233	4.10	0.000021
0.51	0.305026	1.11	0.133500	1.71	0.043633	2.31	0.010444	2.91	0.001807	3.51	0.000224	4.11	0.000020
0.52	0.301532	1.12	0.131357	1.72	0.042716	2.32	0.010170	2.92	0.001750	3.52	0.000216	4.12	0.000019
0.53	0.298056	1.13	0.129238	1.73	0.041815	2.33	0.009903	2.93	0.001695	3.53	0.000208	4.13	0.000018
0.54	0.294599	1.14	0.127143	1.74	0.040930	2.34	0.009642	2.94	0.001641	3.54	0.000200	4.14	0.000017
0.55	0.291160	1.15	0.125072	1.75	0.040059	2.35	0.009387	2.95	0.001589	3.55	0.000193	4.15	0.000017
0.56	0.287740	1.16	0.123024	1.76	0.039204	2.36	0.009137	2.96	0.001538	3.56	0.000185	4.16	0.000016
0.57	0.284339	1.17	0.121000	1.77	0.038364	2.37	0.008894	2.97	0.001489	3.57	0.000178	4.17	0.000015
0.58	0.280957	1.18	0.119000	1.78	0.037538	2.38	0.008656	2.98	0.001441	3.58	0.000172	4.18	0.000015
0.59	0.277595	1.19	0.117023	1.79	0.036727	2.39	0.008424	2.99	0.001395	3.59	0.000165	4.19	0.000014

Organización para la estrategia Seis Sigma

El ingrediente fundamental para la adopción de un programa Seis Sigma reside en la infraestructura de la organización, pues esta es la que motiva y produce una cultura “Seis Sigma”. El soporte y compromiso por parte de la alta gerencia es vital y fundamental, para lo cual se entrenan y definen los Maestros (también conocidos como Champions), quienes son los dueños de los proyectos críticos para la organización. Para desarrollar estos proyectos se escogen y preparan Expertos (conocidos como: Master Black Belt, Black Belt, Green Belt), quienes se convierten en agentes de cambio para impulsar y desarrollar estos proyectos, en conjunto con los equipos de trabajo seleccionados para los mismos.

Esta estructura organizacional es aplicable a cualquier tipo de compañía. Cabe agregar que la implantación total de un programa de Seis Sigma puede tardar entre 18 meses y 3 años, además se debe invertir en la capacitación del personal. Es aplicable tanto a grandes como a Pequeñas y Medianas Empresas obviamente con diferentes planes de implantación.

Estructura organizacional para la ejecución de Proyectos Seis Sigma

Es indispensable identificar cada una de las funciones y responsabilidades que deben ejercer los involucrados con el desarrollo de los proyectos, las que a continuación se identifican:

Alta dirección

- Fijar los objetivos estratégicos
- Seleccionar proyectos y equipos de acuerdo con los objetivos
- Crear la infraestructura; responsabilidades, formación, facilitadores, sistemas de reporte, tiempo, reconocimiento
- Coordinación y seguimiento del programa
- Comunicación

Champion

- Es el soporte e interlocutor de los facilitadores Master Black Belt y Black Belt
- Supervisa e impulsa los proyectos
- Define y mantiene los objetivos amplios de los proyectos de mejora que tiene a su cargo
- Localizar y negociar recursos para los proyectos
- Reporta directamente a la Dirección General
- Aplicar el conocimiento adquirido de mejora de procesos a sus propias tareas de dirección

Champion (Líderes o Paladines); Son líderes de alta gerencia quienes sugieren y apoyan proyectos, ayudan a obtener recursos y eliminar obstáculos.

Master Black Belt

- Experto en formar (forma a los Black Belt) y utilizar herramientas estadísticas
- Actúa como consultor interno para la alta dirección y el Champion
- Actúa como facilitador en proyectos de gran relevancia y complejidad
- Apoya y asesora a los Blacks Belts cuando estos actúan como facilitadores de equipos

Master Black Belt (Maestro de Cinta Negra): Son expertos de tiempo completo, capacitados con herramientas de Seis sigma, son responsables del desarrollo e implantación de la metodología, representan el nivel más alto de idoneidad técnica.

Deben poseer los conocimientos de los Black Belts, pero en su carácter de maestros deben entender la teoría matemática que sustenta los métodos estadísticos. Cuando sea posible la capacitación en estadística debe estar a cargo de ellos, para evitar la propagación de errores en la aplicación de la técnica.

Black belt

- Colaboran en la formación de Green Belts
- Debe encontrar oportunidades de mejora
- Actúa de facilitador en proyectos
- Experto en la metodología Seis Sigma
- Experto en utilizar herramientas estadísticas
- Tiene una dedicación muy importante, por lo general tiempo completo

Black Belt (Cinta Negra): Son líderes de equipos con capacidad técnica, responsables de medir, analizar, mejorar y controlar procesos que afectan la satisfacción del cliente.

Pueden provenir de una amplia variedad de disciplinas sin necesidad de contar con estudios formales de estadística o ingeniería, si bien es más apropiado para estos puestos colocar personal con formación universitaria en matemática o análisis cuantitativo. Reciben capacitación grupal además de entrenamiento individual en proyectos impartido por consultores o master black belts. Deben manejar sistemas de computación y utilizar software avanzado de análisis estadístico para poder extraer información de los sistemas de información de la empresa.

Green Belt

- Participa en los equipos de proyectos
- Recoge y procesa la información obtenida en todo el proceso de mejora
- Su dedicación es a tiempo parcial
- Paso obligado para llegar a Black Belt

Green Belt (Cinta Verde): Son ayudantes de una cinta negra. Son capaces de formar equipos, colaborar con ellos y manejar proyectos. Reciben capacitación en gestión de proyectos, herramientas de gestión y control de calidad, resolución de problemas y análisis de datos. Su entrenamiento corre por cuenta

de los Champions. A diferencia de las dos categorías anteriores no trabajan a tiempo completo en el proyecto.

En la implementación de los recursos Seis Sigma es importante involucrar a cada empleado de la organización, lo que obliga a modificar la forma en que se trabaja eliminando viejas costumbres y adoptando las nuevas ideas, tal como cita R.

Calvin, premio a la calidad Malcolm Baldrige en 1991, escribió dentro de lo que tituló "Las bienvenidas herejías de la calidad", lo siguiente:

- a) -Viejo testamento: Las mejoras de la calidad sólo provienen de pequeños pasos constantes
 - Nuevo testamento: Parcialmente verdad, pero las mejoras drásticas en cada paso son esenciales y factibles

- b) -Viejo testamento; En determinado nivel, al cliente deja de preocuparle la mejor calidad
 - Nuevo testamento: Las mejoras graduales conducen a un mejor precio, mejor servicio y mayor rendimiento

"Los estándares o normas de calidad, no son un fin en sí mismos, sino que son solamente el principio de un proceso que debe permanecer como idea básica en la vida de las empresas. Hay que tener en claro que un sistema es una manera de hacer las cosas, no un objetivo en sí. Las normas ISO y sus equivalentes europeas, detallan los elementos a tener en cuenta para implantar un sistema de calidad, proporcionan elementos para que una organización pueda lograr la calidad del producto o servicio y mantenerla en el tiempo; establecen directrices para lograr la calidad total. No se logra la calidad total para certificar normas y viceversa. Con respecto a los objetivos estratégicos, se habla de un sistema de gestión, y resaltamos que entendemos que la estrategia empresarial, puede definirse como una serie de ajustes que realiza

la organización para adecuarse y anticiparse a las variaciones que se producen en el entorno, que deben ser realizados para alcanzar los objetivos a los que sirve, podemos observar que las herramientas de gestión, en este caso Seis Sigma, nos permiten el control del cumplimiento de aquellos planes vinculados a la operación táctica, y que si bien otorga información para el desarrollo de una estrategia competitiva, no debe olvidarse que el hecho de colaborar en el proceso, no implica desarrollar una estrategia en su totalidad, ni nos habilita para considera dicha información u objetivos como estratégicos”.

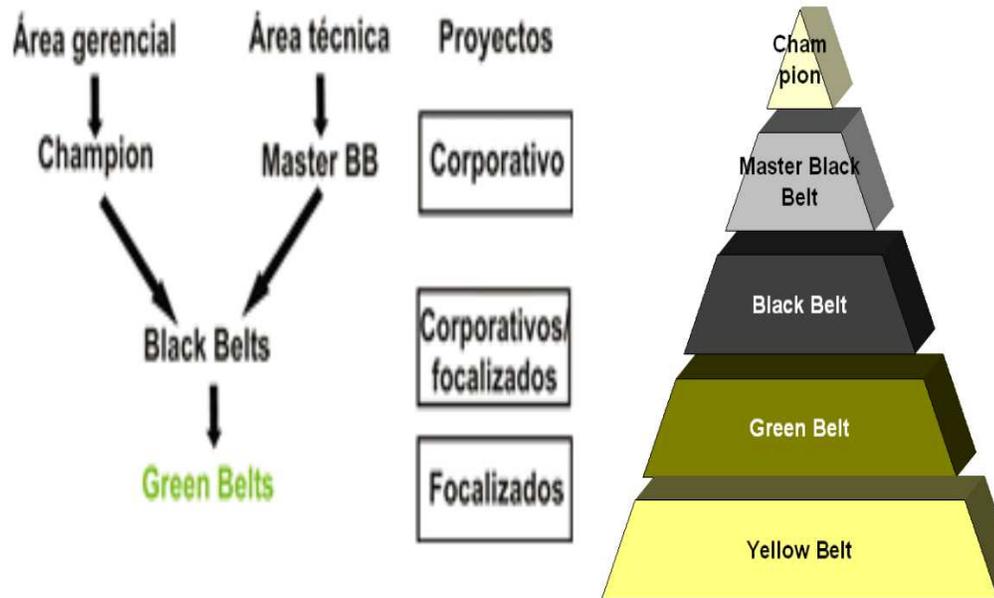
Los requerimientos del cliente conducen a la elección de proyectos Seis Sigma, y estos a su vez ayudan a cambiar los lineamientos, llevando a un rendimiento conducido. Todo proyecto necesita tener un impacto neto tangible, así se requiera de una inversión significativa de formación para conseguir la innovación y crear confianza.

En resumen Seis Sigma logra;

- Presentar un kit estándar de herramientas para el manejo de la información en los procesos
- Hace que los procesos sean transparentes y gestionables
- Facilita decisiones basados en datos
- Presenta una plataforma para un crecimiento lucrativo
- Alinea las metas organizacionales en los procesos
- Ayuda a establecer el enfoque sobre el cliente
- Presenta un lenguaje común

En la siguiente figura vemos la organización de Seis Sigma, además del flujo de capacitación en este modelo.

Figura 6. Modelo de entrenamiento Seis Sigma. (<http://www.slideshare.net/guest0732ce/six-sigma-266197>)



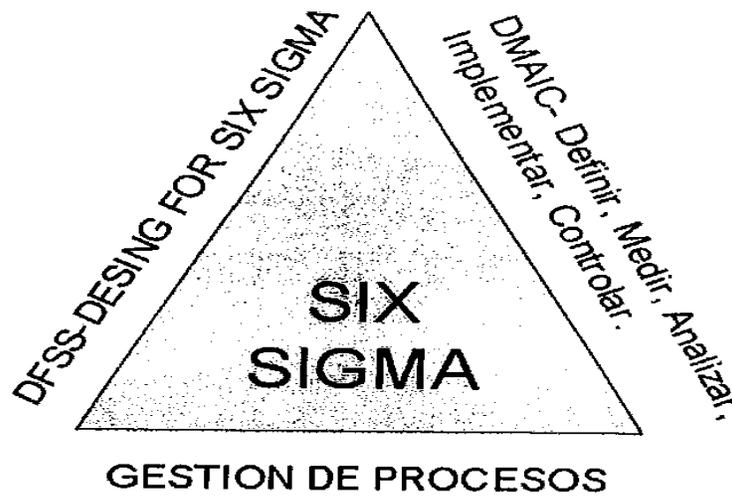
Capítulo 2

METODOLOGÍA SEIS SIGMA

Al aplicar la metodología seis sigma en el análisis de procesos industriales, se pueden detectar rápidamente problemas en producción como cuellos de botella, productos defectuosos, pérdidas de tiempo y etapas críticas, por eso es de gran importancia esta metodología. Para alcanzar 6 σ , se deben utilizar ciertos procedimientos de ISO-9000, control y técnicas estadísticas de procesos). La metodología también permite hacer comparaciones entre negocios, productos, procesos y servicios similares o distintos además, proporciona herramientas para conocer el nivel de calidad de una empresa y al mismo tiempo provee dirección con respecto a los objetivos de crecimiento de la empresa.

Dentro del marco Seis Sigma, existen 2 metodologías: DFSS (Desing for Seis Sigma – Diseño para Seis Sigma) y la metodología DMAIC (Definir, medir, analizar, implementar y controlar)

Figura 7. DFSS y DMAIC, Dos filosofías dentro del marco Seis Sigma.



DISEÑO PARA SEIS SIGMA – DFSS

Esta metodología de Seis Sigma es aplicable especialmente al diseño o rediseño de procesos, productos y servicios, buscando una mejora para el proceso de diseño actual, sirviendo como herramienta para evaluar y reducir riesgos. Sus comienzos se trasladan a los sistemas de ingeniería desarrollados para la mejora de procesos en el Departamento de Defensa de Estados Unidos y la NASA, que involucran métodos cuantitativos para establecer parámetros entre el funcionamiento del sistema y las entradas subyacentes, de esta manera se concibe un elemento que debe ser optimizado progresivamente a partir de una predicción.

Con el DFSS es muy importante obtener y analizar la Voz Del Cliente (VOC) para que así desde un principio el proceso, producto o servicio sea diseñado para satisfacer los múltiples requerimientos del cliente desde el principio no obstante, la Voz De Los Negocios da un balance preciso al considerar parámetros tales como el mercado, el riesgo y el costo de las garantías entre otros.

El proceso usado en DFSS es el modelo IDOV (Identifica, Diseñar, Optimizar y Validar) que consiste básicamente en;

- Identificar
Coleccionar y entender el VOC (Voz Del Cliente)
- Diseñar
Generar, evaluar y seleccionar conceptos de diseño
- Optimizar
Crear modelos y analizar para optimizar la solución escogida
- Validar
Verificar los resultados de la solución dada de acuerdo con las necesidades del cliente

DMAIC (DEFINIR, MEDIR, ANALIZAR, IMPLEMENTAR Y CONTROLAR)

Esta metodología es utilizada para incrementar la eficiencia la cual tiene un enfoque específico ya que se refiere solamente a los procesos, a diferencia de la metodología DFSS que puede ser empleada en productos, servicios y procesos.

Tal como definen sus siglas esta metodología relaciona todo un plan de trabajo en el cual no debe existir ningún tipo de desviación, o sea, que cada etapa debe culminar antes de proseguir con sus posteriores, sin negar la posibilidad de anticipación de las mejoras. Cada etapa esta definida y enmarca cada paso para el desarrollo de un proyecto Seis Sigma. En general se definen de la siguiente forma.

Primera Etapa

Definición del Proyecto

La primera etapa es definir y el objetivo principal es determinar la finalidad del proyecto y su perímetro recolectando información histórica y del cliente. En esta fase se establecen los objetivos concretos y los límites del proyecto, basándonos en los objetivos estratégicos de la empresa, en las necesidades de los clientes y en el proceso que se necesita mejorar para alcanzar un nivel alto de sigma.

Las herramientas que se pueden utilizar en esta etapa son las tradicionalmente usadas en procesos calidad de mejora continua, entre ellas encontramos:

- Análisis económico-financiero
- SIPOC (Suppliers, input, process, output, client) (Proveedores, entradas, proceso, salidas, cliente)
- Voz del cliente (VOC=Vdc)
- Diagrama de Afinidad
- Modelo de Kano (Se utiliza para medir la satisfacción del cliente)
- Árbol CTQ (Critical to Quality – crítico para la calidad)

Selección de un proyecto y establecimiento de directrices.

Al hacer un análisis del negocio, interpretar y declarar por que es importante trabajar en un proyecto se deben definir las directrices, estas directrices tendrán como elementos los casos de negocio, el ámbito, el equipo de trabajo y un programa definido. Para esto se debe pensar en;

- ¿Cuál es la medida de eficiencia o efectividad para el cliente que este proyecto impactará?

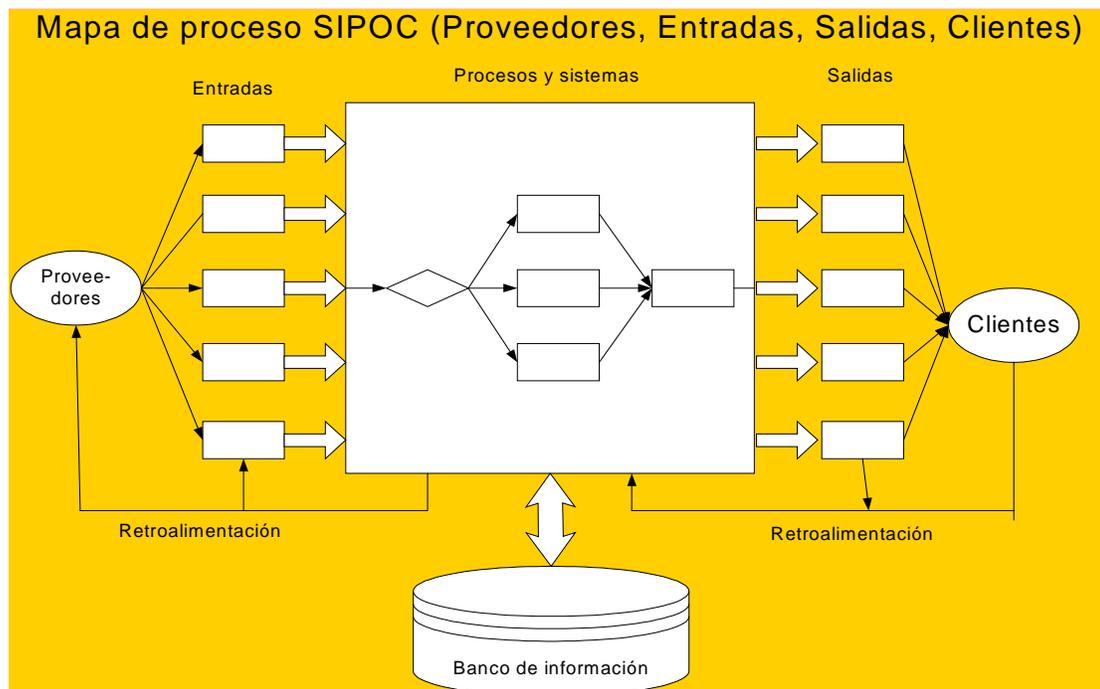
- Dentro del ámbito (Centro de atención y dirección) ¿Qué incluye y excluye?
- El equipo y sus elementos disponibles
- La realización de un programa de trabajo

En el desarrollo de la directriz se debe hacer una descripción del proyecto, el punto de partida y los beneficios económicos que se van a obtener de este, también se establece el equipo que incluyendo el líder, patrocinadores, líder Black Belt y equipo (Team), este punto es apoyado por un asesor financiero para establecer los objetivos iniciales.

SIPOC (Proveedores, Entradas, Proceso, Salidas, Cliente)

SIPOC en el lenguaje Seis Sigma, es un esquema del proceso actual que se utiliza para definir, limitar, describir, y tener una perspectiva global y de alto nivel el cual es guía durante la ejecución del proyecto.

Figura 8. Diagrama SIPOC



Este esquema además de desarrollar una perspectiva global del proyecto se crea también para evitar ampliaciones de ámbito, para resaltar las áreas de mejora y para asegurar que la atención se centra en el cliente. Es necesario tener en cuenta que las variables de entrada pueden presentar en grandes cantidades, así que se hace necesario utilizar herramientas tipo embudo es por eso que se hace necesario preguntarse:

Entradas y proveedores:

¿Dónde se origina la información o el material en que se trabaja?

¿Qué suministran?

¿Dónde influyen en el flujo del proceso?

¿Qué efecto tienen en el proceso y en los resultados?

Pasos del proceso

¿Por qué existe este proceso?

¿Cuál es la finalidad de este proceso?

¿Cuál es el resultado?

¿Qué sucede en cada entrada?

¿Qué actividades de conversión se producen?

Salidas

¿Qué producto genera este proceso?

¿Cuáles son las salidas de este proceso?

¿En qué punto finaliza este proceso?

Cliente

¿Quién usa los productos de este proceso?

¿Quiénes son los clientes de este proceso?

PASO 1

Determinar los proyectos potenciales VOC y VOB (Voz del Cliente y Voz del Negocio)

Al iniciar el proceso de mejora, normalmente se encontraran muchos posibles proyectos, sin embargo debemos ir enfocándolos de manera estratégica y que generen la ventaja competitiva que la organización necesita.

Lo primero en la fase definir es la de encontrar los proyectos potenciales, existen dos fuentes principales que son la Voz del Cliente y la Voz del Negocio

Voz del Cliente

El término Voz del Cliente se usa para describir las necesidades del cliente y la percepción de nuestros productos y servicios. Es importante mencionar que un cliente puede ser interno, es decir un proceso subsiguiente como un proceso de manufactura, o bien externo, es decir quién adquiere nuestros productos y servicios. En general lo que quieren los clientes de un producto es:

- El desempeño deseado
- Cuando ellos lo quieren
- No dañado
- Notificado proactivamente
- Facturado correctamente
- Etc.

Por lo tanto, cualquier cosa que afecta la situación del cliente es un crítico para la calidad (CTQ). El CTQ es una característica del producto o servicio que satisface una característica clave de cliente enfocado a lo siguiente:

- El cliente establece como crítico para la calidad a través de una encuesta o pregunta / inspección
- Es un factor de alto riesgo
- Suficiente beneficio de la reducción de defectos
- Requerimientos regulatorios o relativos a la seguridad

Voz del Negocio

La Voz del Negocio es un término usado para describir las necesidades o los requisitos indicados y sin especificación del negocio / accionistas

La Voz del Negocio está determinada por los planes de cada una de las empresas. Es decir, son los objetivos internos para poder alcanzar la plena satisfacción de nuestros clientes.

El despliegue de VOB y VOC se descomponen en un proceso para seguir los CTQ's y CTB's respectivamente.

Paso 2

Seleccionar el proyecto

En ocasiones nos encontramos con varias posibilidades de proyectos por lo tanto debemos seleccionar alguno de ellos, existen diferentes formas de hacerlo pero la principal es una matriz de decisión llamada "Matriz de Selección de Proyectos"

Cuando seleccionamos un proceso, debemos estar seguros para priorizar exactamente el problema a resolver.

La selección de proyectos puede considerar los siguientes puntos:

- Beneficios financieros y estratégicos
- Mejorar la satisfacción del cliente
- Compatibilidad con metas y objetivos estratégicos
- Replicable a otras áreas del negocio
- Probabilidad de éxito
- Nivel de esfuerzo y uso de recursos necesarios para completar el proyecto
- Cada organización determinara los criterios

Paso 3

Validar la selección de proyectos:

En este paso se realiza el último filtro antes de iniciar completamente con el tratamiento del proyecto. Dentro de las herramientas empleadas en esta fase esta la metodología “5W’s + 2 H” que es una técnica de preguntas que permiten identificar las características de un problema y si realmente es un problema. Es usada para comprender mejor el objetivo de disminuir algún tipo de desperdicio.

Paso 4

Determinar el alcance del Proyecto

En esta parte se delimita el proyecto con el fin de conocer el alcance, cuantos productos, desde donde empieza el proceso y donde termina, que defectos se atacaran, etc.

Dentro de las herramientas mas usadas para ver el alcance de un proyecto se encuentra el “Análisis Es/No es”.

Paso 5

Establecer la misión del proyecto

En un proyecto es necesario definir los métricos, la misión, la situación actual, la situación a la cual esperamos llegar que nos servirá como guía en la ejecución del Proyecto.

Una de las herramientas más usadas para este paso es utilizar el criterio SMART.

Paso 6

Identificar a los involucrados y métricos

En este paso identificaremos el proceso de manera general, los insumos, los procesos, lo involucrados, los métricos y los entregables del mismo, con el fin de ir particularizando más el proyecto.

La herramienta a utilizar es el SIPOC, que es un mapa del proceso general en el que se identifican entradas, salidas, proveedores, clientes y el proceso en sí.

Paso 7

Realizar análisis Financiero

Para este punto debemos identificar los ahorros y beneficios potenciales que obtendremos con la ejecución del proyecto. Aquí depende del sistema de costos de cada organización.

Paso 8

Establecer el programa del proyecto

Aquí se plantea de manera formal el proyecto, indicando el alcance, recursos necesarios para su ejecución, actividades y participantes. La herramienta usada en este paso es “Projec Charter” el cual es un documento que identifica los objetivos, alcance estrategia, programa, roles y procedimientos necesarios para alcanzar el objetivo. Es considerado el acta de nacimiento del proyecto.

Paso 9

Establecer el plan de comunicación

Debido a que los proyectos están constituidos por miembros de diversos departamentos, es necesario crear un plan que permita comunicar los logros, sobrellevar algún conflicto y solicitar apoyo. Un plan de comunicación es la herramienta óptima para llevar a cabo este paso.

Segunda etapa

Medición de las características

En la metodología “Seis Sigma” es muy importante tener una clara noción de los defectos que se están produciendo en cantidades y expresarlos también en valores monetarios. El medir persigue dos objetivos fundamentales.

Tomar datos para validar y cuantificar el problema o la oportunidad. Esta es una información crítica para refinar y completar el desarrollo del plan de mejora.

Permite y facilita identificar las causas reales del problema. El conocimiento de estadística se hace fundamenta. “La calidad no se mejora, a no ser que se la mida”.

En esta etapa se focaliza el esfuerzo que implica el plan de mejora recogiendo información sobre la situación actual. Esto ayudará a disminuir el rango de las causas potenciales que se investigarán en la fase de Análisis. Una parte importante de esta fase es establecer un nivel de referencia de la capacidad del proceso. Algunas de las herramientas de la etapa medir son las siguientes:

Diagramas de Flujo de Procesos con los cuales se conocen las etapas del proceso por medio de una secuencia de pasos, así como las etapas críticas.

Histogramas: Proveen la forma de distribución de los datos, así la tendencia central y la variabilidad se pueden estimar fácilmente. Los límites inferior y superior se pueden sobreponer para estimar la capacidad del proceso.

Diagramas de Tendencias; son utilizados para representar datos gráficamente con respecto a un tiempo, lo que permite observar y seguir los defectos en un proceso.

En resumen la etapa de medir. Desarrollar medidas a partir de los CTQ (críticos to Quality) y el mapa del proceso SIPOC, para después hacer un plan de

recolección de datos donde se detallan los métodos para conseguir datos, se prosigue a identificar la capacidad y el sigma del proceso, todo con el fin de mostrar la información forma visual (Tablas, gráficas....etc.) de la actual variación de los procesos y otros patrones.

Paso 10

Identificar características críticas

A partir de este momento comenzamos a establecer las entradas del proceso, causas o los medios de control que nos permitan la mejora de procesos.

Las principales herramientas para esta etapa son:

- Diagrama de Flujo
- Mapa de cadena de valor
- Mapa de procesos de características

Paso 11

Identificar características clave

En este paso se realiza un filtrado de las características críticas con el fin de definir las claves para el proceso. Normalmente se recomienda el uso de AMEF para este propósito con dos resultados importantes; una, identificar las características con mayor numero de prioridad de riesgo que podamos identificar para su medición, además se identificaran acciones rápidas que permitan realizar mejoras “Quick Hits” y comenzar a dar resultados de manera gradual y que generen la confianza en la estrategia y los proyectos.

Paso 12

Desarrollar un plan de colección de datos e información

En esta parte se establece las características a medir, como medirlas, quien debe medirlas, y las muestras necesarias. Es la parte más crítica de la fase de Medir ya que es el plan que nos permitirá establecer una estrategia para obtener la información y datos necesarios para la toma de decisión.

Paso 13

Evaluar sistema de medición

Algunos proyectos son resueltos en esta parte al detectar que el sistema, como se está midiendo es el origen de gran parte de la variación y que al mejorar ese sistema disminuye. Dentro de las herramientas podemos mencionar Estudios de Tendencia, Estudio Gage R&r, Estabilidad, Linealidad, MSA para atributos.

Paso 14

Recolección de datos, caracterización del proyecto

Esta es la parte en la que se monitorea el proceso y se obtienen los datos o información necesaria o estratégica. Dentro de las herramientas usadas en esta etapa podemos mencionar:

- Diagrama de Proceso o Flujo
- Mapa de Cadena de Valor
- Corsograma Analítico
- Gráfico X-R
- Histograma
- Capacidad del Proceso Cp y Cpk
- Gráficos p, np, c,u
- Pareto

Tercera Etapa

Análisis de datos e información

La fase de Medir de un nivel de referencia del rendimiento del proceso; una vez estratificados los datos en el rendimiento de referencia, se pueden determinar con precisión de dónde viene el problema, esto ayuda a focalizar la exposición del problema. En la fase de Análisis, se identifican las causas raíz y éstas se confirman con datos. Algunas de las herramientas más utilizadas en la fase ANALIZAR son:

Diagrama de Pareto: Se aplica para identificar las causas principales de los problemas en los procesos de mayor a menor, y con ello reducirlas o eliminarlas de una en una, empezando con la que provoca un problema mayor y después con las posteriores.

Diagramas de Causa-Efecto: Utilizados como lluvia de ideas para detectar las causas y consecuencias de los problemas en los procesos.

Diagramas de Dispersión; Con los cuales se pueden relacionar dos variables. Permiten hacer estimaciones a primera vista e identificar puntos extraordinarios.

El producto de esta etapa es la aplicación de las variables que tienen mayor probabilidad de influir en la variación del proceso. Los gerente examinan los resultados óptimos y tratan de comprender como se lograron, para luego establecer procedimientos que conviertan esos resultados en rutinarios.

Teoría del muestreo:

En esta etapa es muy importante tener en cuenta la teoría del muestreo, la cual tiene como propósito obtener las características de una muestra. Cuando se toma una muestra aleatoria es necesario identificar cual muestra me da un alto

de grado de confiabilidad. Suponiendo que tengo una rueda de balines conformada por miles de estos. La muestra más confiable sería resolver la rueda y tomar muestra de cada una de las capas dentro de la rueda. Esto se puede hacer con previo conocimiento de las características de los balines en cuanto a densidad, superficie y demás. De esta forma al revolverlos, el de mayor densidad quedara en la parte inferior de la rueda y así sucesivamente. El resultado de una prueba como la del ejemplo es más confiable que si tomáramos una muestra al azar además que ponemos en menor riesgo el producto al hacer muestras menos numerosas. Para más información sobre teoría del muestreo ver.

Paso 15

Análisis de Causa de Variación

En base a los datos e información se puede identificar de manera mas clara la fuente de variación, de actividades que no agregan valor y factores que intervienen en la relación con la Y.

Dentro de las principales herramientas usadas en esta etapa están:

- Análisis AV/NAV
- Lluvia de ideas
- Diagrama de Afinidad
- Análisis de campo de Fuerzas
- SW +2 H

Paso 16

Confirmación de la relación de factores con la respuesta

En base a los datos e información se puede identificar de manera más clara las fuentes de variación de actividades que no agregan valor y factores que intervienen en la relación con la Y

Dentro de las principales herramientas usadas en esta etapa están;

- Prueba de Hipótesis
- Análisis de regresión
- ANOVA Prueba T
- Regresión Logística
- Chi Cuadrada

Paso 17

Establecer el mapa del estado futuro

Para proyectos donde se requiere simplificar el proceso el mapa del estado futuro nos permitirá identificar los desperdicios que podemos eliminar y la magnitud de las mejoras.

Cuarta Etapa

Mejora del Proceso

En esta etapa se generan alternativas de mejora al proceso actual y se ve en la necesidad de tener que probarlas antes de su puesta en práctica. A partir de la fase de Análisis se puede determinar la relación causa-efecto (relación entre las variables de entrada y la variable de respuesta que se desea obtener) para predecir, mejorar y optimizar el funcionamiento del proceso. Por último se determina el rango operacional de los parámetros o variables de entrada del proceso.

Para ello se dispone de diversas herramientas de diseño de experimentos, éstas permiten seleccionar aquellos factores que influyen en una determinada característica de calidad y encontrar en cuales condiciones, entre las experimentadas, se obtienen mejores resultados en términos de la característica de interés, entre ellas encontramos.

Diseño unifactorial

Este modelo es el más sencillo del diseño de experimentos, en el cual la variable respuesta puede depender de la influencia de un único factor, de forma que el resto de las causas de variación se engloban en el error experimental.

Se supone que el experimento ha sido aleatorizado por completo, es decir, todas las unidades experimentales han sido asignadas al azar a los tratamientos.

Diseños factoriales

Este describe los experimentos más adecuados para conocer simultáneamente qué efecto tienen múltiples factores sobre una respuesta y descubrir si interactúan entre ellos. Estos experimentos están planeados de forma que se

varían simultáneamente varios factores pero se evita que se cambien siempre en la misma dirección. Al no haber factores correlacionados se evitan experimentos redundantes.

Diseño de bloques

Un bloque es (en Estadística) un grupo de observaciones que tienen condición de unidad estadística, esto es, que pueden y deben ser analizadas e interpretadas sólo de modo conjunto. Un bloque puede estar fijado o establecido por el investigador de modo arbitrario. En este caso, se dice que ese bloque es un bloque no aleatorio. Pero puede que este bloque esté fijado, configurado o seleccionado según la ley estadística del azar, en cuyo caso se dice que el bloque es un bloque aleatorio.

Metodología de superficie de respuesta

La metodología de Superficie de Respuesta es un conjunto de técnicas utilizadas en el estudio de la relación entre una o más respuestas y un conjunto de factores o variables independientes y donde el objetivo es optimizar ésta(s) respuesta (s). Dicha metodología se realiza mediante una experimentación secuencial, esto es, la aproximación a la región de interés se realiza de forma iterativa utilizando diseños cada vez más complejos que dependen de la información que se obtiene en cada iteración.

Una vez determinada la acción correctiva pertinente, se introduce al sistema de cambio para de esta manera observar el comportamiento y realizar ajustes.

Paso 18

Validar la relación de los factores con las respuestas

Después de haber encontrado las X's Rojas podemos determinar el impacto que pueden llegar a tener con la respuesta o como podemos mejorar la Y conociendo los factores principales.

Dentro de las principales herramientas usadas podemos mencionar

- Regresión y correlación
- ANOVA 2 vías
- DOE

Paso 19

Establecer el mapa del estado futuro

Después de haber identificado las actividades que no agregan valor se busca identificar como eliminarlas.

Dentro de las principales herramientas usadas en esta etapa podemos enlistar las siguientes:

- VSM del estado futuro
- Flujo continuo
- Balanceo de líneas
- SMED

Quinta etapa

Control del Proceso

Para comprobar las soluciones creadas en la etapa anterior es importante diseñar y documentar controles necesarios para asegurar que lo conseguido mediante el proyecto Seis Sigma se mantenga una vez que se hayan implantado los cambios. Existe un método básico para el seguimiento final del proyecto Control de Proceso Estadístico (SPC).

El Control Estadístico de Procesos descansa sobre un concepto esencial, el de la diferenciación entre causas comunes y causas especiales de variabilidad. Las primeras son aquellas que están permanentemente presentes en cualquier proceso como consecuencia de cómo ha sido diseñado y de cómo es operado normalmente, que producen en sus resultados una pauta de variabilidad estable y predecible en el tiempo que configura lo que denomina proceso bajo control estadístico y define la capacidad del mismo. Las causas especiales por su parte, tienen un carácter esporádico y puntual, estando asociadas a anomalías no previstas que provocan las denominadas salidas de control del proceso.

El objetivo del SPC es el de establecer un sistema de observación, permanente e inteligente, que detecte desde el comienzo la aparición de causas especiales de variabilidad y ayude a identificar su origen, con el fin último de eliminarlas del proceso y de tomar medidas que eviten su reaparición en el futuro. Su fundamento es la toma periódica de muestras y la representación gráfica de estadísticos adecuadamente elegidos para monitorizar eficientemente los parámetros clave del proceso, y que actúan como señales de aviso de las salidas de control del proceso.

Capítulo 3

Caso de estudio

“Disminución de defectos en el área de doblado de una empresa metalmecánica”

Resumen

Los defectos en el proceso de doblado de una empresa metalmecánica representan un 56% del total de defectos de fabricación. El siguiente proyecto está basado en la metodología DMAIC para lograr reducir estos defectos y a su vez, reducir costos en desperdicios y evitar retrabajo.

Etapa Definir

Descripción del proceso

El proceso se lleva a cabo en el área de Fabricación MM, se procesan diferentes tipos de material y diferentes calibres, entre las principales están

- Lamina Cold Rolled
- Lamina Acero inoxidable
- Lamina Galvanizada
- Lamina Galvanneal
- Lamina de Cobre
- Lamina de Aluminio

El material pasa por diferentes procesos, los más comunes son:

- Cizalla
- Punzonado
- Dobles
- Prensado
- Soldadura
- Roscado
- Pintura

Paso 1

Situación actual

La planta Rojo Gómez se dirige por objetivos de calidad, productividad y seguridad

Actualmente la gerencia de ensamble Estándar presenta deficiencias en el área de calidad y productividad, se registran paros de línea en exceso por inspecciones de calidad y problemas detectados con materiales de diferentes clientes

Paso 2

Determinar proyectos potenciales

Comenzamos por analizar los resultados de calidad del área de ensamble STD que es donde se ensamblan los productos de mayor consumo

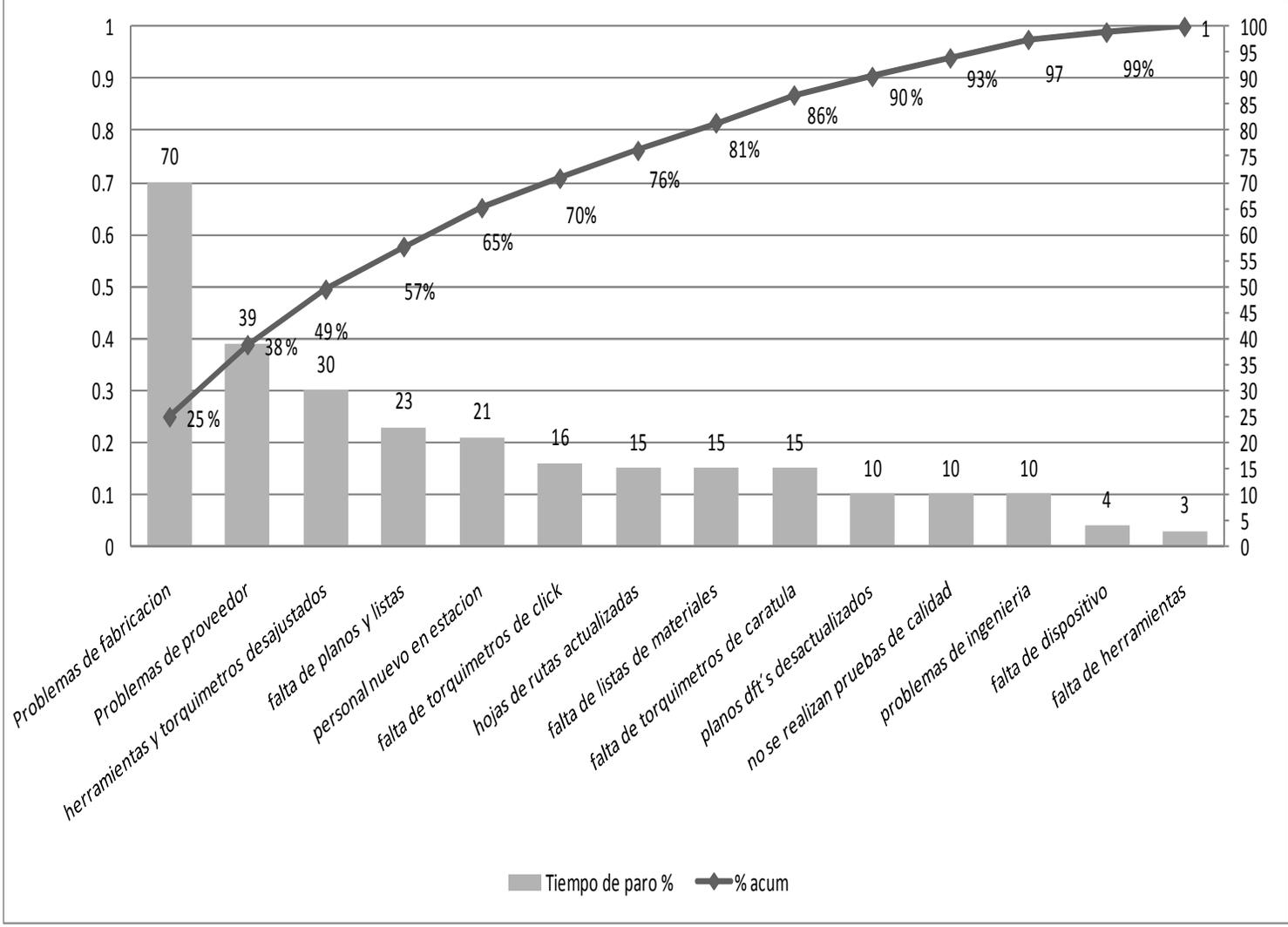


Figura 9.- Pareto, principales causas de defectos en el área de ensamble STD. Histórico de último año

En la figura podemos observar los problemas que arrojaron las auditorias antes mencionadas, con su respectiva frecuencia de ocurrencia. Podemos observar que el principal problema arrojado lo tiene el área de fabricación.

Paso 3

Validar la selección de proyectos

La finalidad de esta etapa es la de filtrar las causas de los problemas hasta llegar a la causa raíz, en este caso atenderemos la principal área causante de los problemas y se tratara de homologar con este proyecto a todas las áreas involucradas en inconformidades del cliente, en este caso ensamble STD.

Identificamos dentro del área de fabricación los principales procesos que resultan en inconformidades de parte del cliente (ensamble STD) y se muestran en la siguiente gráfica

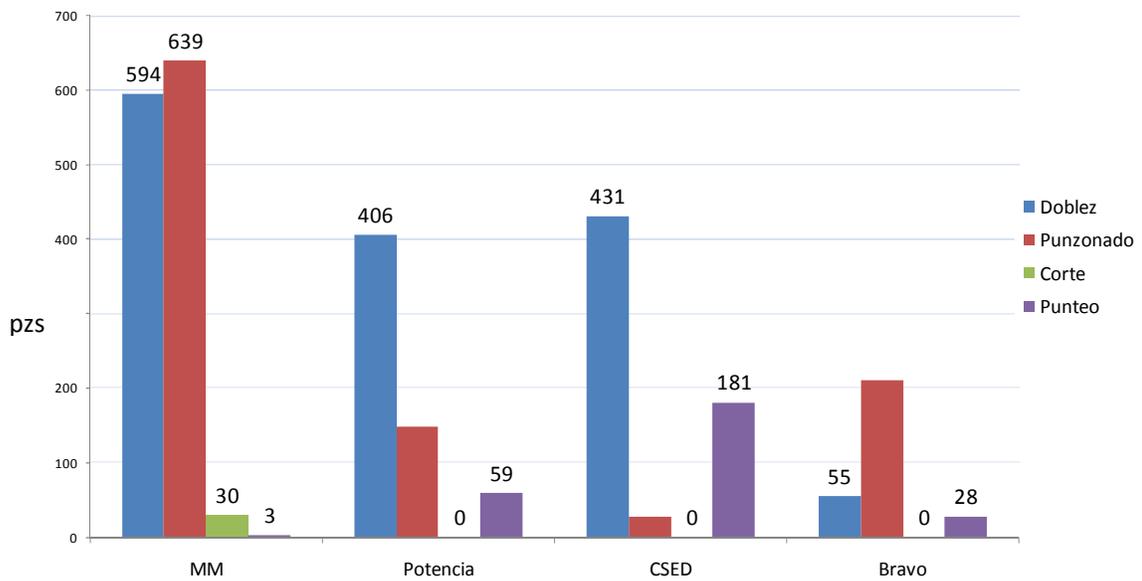
En la figura 10 se observa que las principales áreas causantes de defectos en el área de Fabricación es el área de dobléz

En la figura 11 se muestra una grafica de barras de los efectos de cada proceso por línea. Nos damos cuenta que MM en el área de dobléz es crítica.

Figura 10.- Grafica de Pastel del numero de defectos por proceso en Fabricación. Histórico de último año

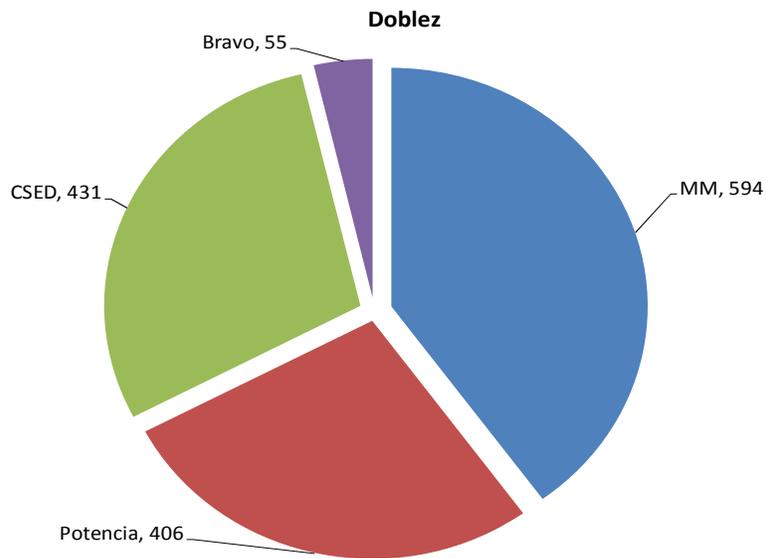


Figura 11.- Grafica de barras del numero de defectos por proceso y línea en Fabricación. Histórico de último año



Dentro de las diferentes líneas de fabricación, el área de MM es la que mayores defectos de doblez tiene, por lo que decidimos que el proyecto debe hacerse en esta línea.

Figura 12.- Grafica de Pastel del numero de defectos por proceso de doblez y línea en Fabricación. Histórico de último año



Paso 4

Determinar el alcance del proyecto

Se realiza un análisis Es / No Es para determinar el alcance del proyecto

Figura 13.- Análisis “Es / No Es” para definir el alcance del proyecto

	ES	NO ES
Que	Disminuir los defectos reclamados por el cliente	Disminuir las incidencias del tiempo muerto en la línea
Quien	Fabricación	Ensamble STD
Cuando	A partir de Agosto	Periodos anteriores
Como	Usando metodología DMAIC	Usando mejora continua
Donde	Proceso de dobléz MM	Otras áreas de fabricación
Cuanto	56% del total de defectos de la línea	El 100% de la línea

Alcance:

Inicio de proceso: Dobladoras de línea MM para piezas punzonadas

Termino de proceso: Dobladoras de línea MM

Incluye: Dobladoras MM y setup

Excluye: Procesos anteriores y posteriores al dobléz

Nota: Se sabe que este problema está íntimamente relacionado a los accidentes y productividad de estas maquinas, por lo que su impacto debe ser en todos estos campos.

Paso 5

Establecer la misión del proyecto

Para establecer los objetivos de nuestro proyecto utilizaremos el criterio SMART

Figura 14.- Criterio SMART para definir la misión del proyecto

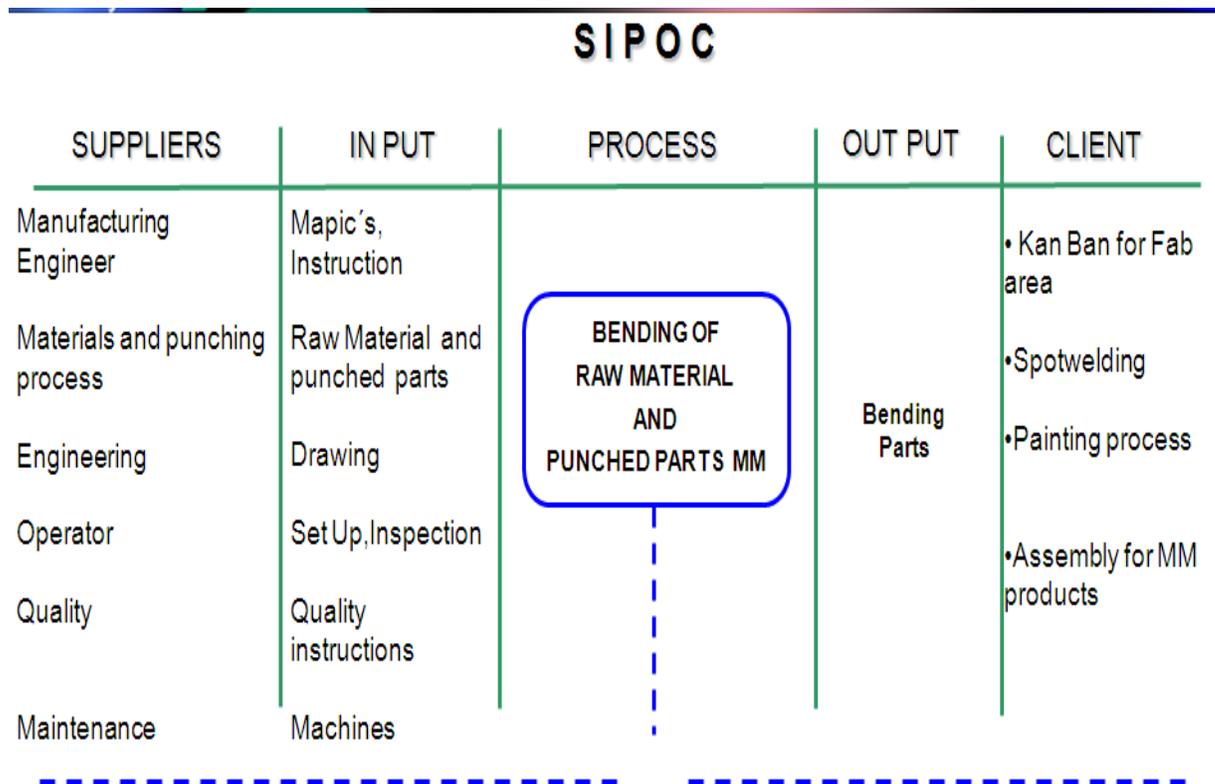
CRITERIO SMART	S (especifico) Ver diagrama de Es / No Es	Disminuir los defectos del area de dobléz de la línea MM
	M (medible) Documentar el rendimiento en como es y sus metas en el estado deseado	En un 50%
	A (alcanzable) Validar duracion del proyecto y fecha final con un programa	Segundo semestre del año
	R (relevante) Esta orientado el proyecto a una meta de la organización	Disminuir los costos de retrabajo y Scrap del area de MM
	T (limite de Tiempo) Fecha final comprometida	Final de año
Mision del proyecto		
Reducir los defectos producidos en el area de dobléz de fabricaion de la línea MM en un 50% y a su vez disminuir los costos de retrabajo y scrap al final del segundo semestre del año utilizando la metodologia DMAIC		

Paso 6

Identificar responsables y métricos

En este paso utilizamos la herramienta de análisis SIPOC

Figura 15.- Diagrama SIPOC del Proceso de doblado de la línea MM



Equipo de trabajo

En esta parte se creó el equipo de trabajo, de acuerdo a las necesidades del proyecto es necesario contar con personas expertas en la manufactura, así como operadores que aporten con su experiencia de operación en este proyecto

Paso 7

Beneficios

Los beneficios potenciales de este proyecto son:

- Disminuir los defectos del área de dobléz de MM
- Evitar costos de retrabajo y scrap
- Aumentar productividad de área de dobléz
- Aumentar seguridad en área de dobléz
- Disminuir paros de línea en proceso de ensamble STD

Paso 8

Establecer el programa del proyecto

Figura 16.- Tabla del programa de avance del Proyecto

ETAPA	LIMITE
D	5 OCTUBRE
MA	9 NOVIEMBRE
I	30 NOVIEMBRE
C	28 DICIEMBRE

Paso 9

Establecer el plan de comunicación

Se realizaron juntas para dar seguimiento a los avances del proyecto, la cual a través de estas se fueron desarrollando los puntos siguientes a la etapa de medición. Se creó una carpeta en red en la que todo el equipo podía compartir información y avance del proyecto.

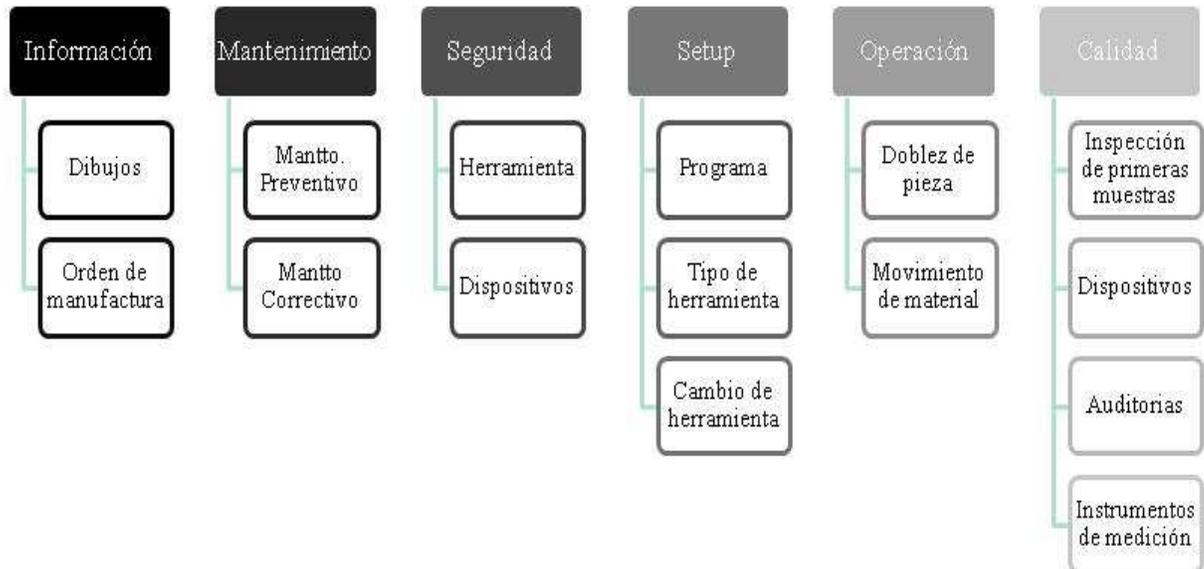
Se usara correo electrónico para manejar información entre los integrantes del equipo.

Etapa Medir

Paso 10

Identificar características críticas

Figura 17.- Cuadro con características críticas de proceso



Paso 11

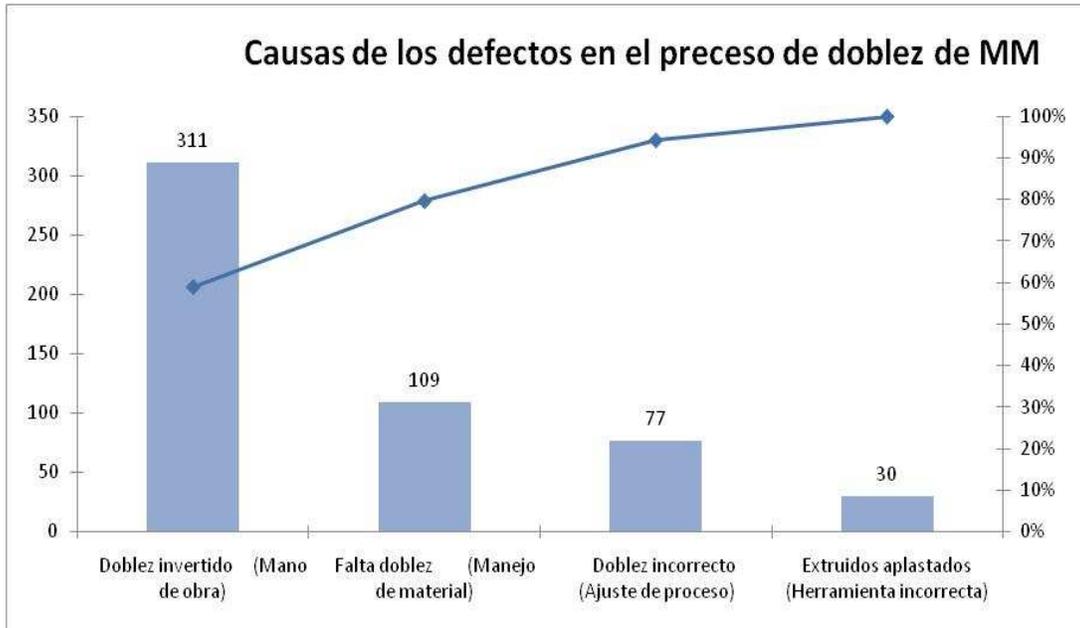
Identificar características clave

Se analizaron los problemas reportados antes del proyecto y se catalogaron como principales problemas:

- Mano de obra
- Falta de doblez
- Ajuste de proceso
- Herramienta incorrecta

Según los datos en la gráfica siguiente

Figura 18.- Gráfica de Pareto de los defectos en el proceso de doblez de MM



Además de este punto de realizo un análisis AMEF

Los parámetros para determinar el Numero Prioritario de Riesgo (NRP)

OCURRENCIA

10. Siempre Ocurre
9. Ocurre en cada turno
8. Ocurre varias veces en el día
7. Ocurre diario
6. Ocurre varias veces por semana
5. Ocurre cada semana

4. Ocurre cada mes
3. Ocurre cada tres meses
2. Ocurre con poca frecuencia (cada 6 meses)
1. Casi nunca ocurre

DETECCIÓN

10. Imposible detectar
9. Inspección visual
8. Doble inspección visual
7. CEP
6. Monitoreo 1 vez por turno
5. monitoreo cada 4 hrs
4. se monitorea cada 2 hrs
3. se monitorea cada hora
2. Alarma
1. POKA YOKE

SEVERIDAD

10. Problema en campo
9. Problema en ensamble
8. Problemas de apariencia / desempeño
7. Problema de apariencia

6. contaminación cruzada
5. Incremento de mantenimiento
4. Problemas de apariencia de pintura
3. Ligeros problemas de apariencia de pintura
2. Esporádicos problemas de apariencia de pintura
1. Ninguna

Acontinuación se mostrara el Análisis AMEF del proceso de doblez separado por modo de falla. Figura 19

DESCRIPCION DEL PROCESO (REQUERIMIENTOS)	MODO DE LA FALLA	EFFECTO DE LA FALLA	SEV	CLAS	CAUSA DE LA FALLA	O C U R R	CONTROLES DE PREVENCIÓN	CONTROLES DE DETECCIÓN	D E T E C	N R P	ACCIONES RECOMENDADAS	RESPONSABLE Y FECHA DE TOMA DE ACCION
El material con el proceso previo, el dibujo de dobléz y la orden de trabajo, son los correctos ?	Aceptar material no conforme	Reclamo del cliente interno, interrupcion de la siguiente operación	8	Mayor	Informacion erronea (dibujo y/o mapics)	3	Instructivo de operación de la máquina IRF7584	FR8211 Registro de inspeccion diaria en fabricacio, y FR8213 Plan de control de proceso de fab. Y hoja de auto control	6	144	Verificar al menos 2 veces por turno que el operador cumpla con el plan de inspección	Ingeniero de producción de cada área
				Mayor	Omitir la revicion de la informacion relacionada con la orden de trabajo	3	Instructivo de operación de la máquina IRF7584	FR8211 Registro de inspeccion diaria en fabricacio, y FR8213 Plan de control de proceso de fab. Y hoja de auto control	6	144	Verificar al menos 2 veces por turno que el operador cumpla con el plan de inspección	Ingeniero de producción de cada área
				Mayor	Falta de capacitacion a operadores en proceso de dobléz	4	Plan anual de capacitación por proceso	No se tiene	10	320	Realizar una evaluación anual al operador por parte del Ing. de prod y el. De manufactura	Ing. De prod./Ing. de manufactura
				Mayor	Equipo de medición en malas condiciones	2	Plan de verificación de equipos de medicion PRA7601	FR8211 Registro de inspeccion diaria en fabricacio, y FR8213 Plan de control de proceso de fab. Y hoja de auto control	6	96		

Figura 19.- Análisis de modo y efecto de la falla de proceso (1/6)

MODO DE LA FALLA	EFFECTO DE LA FALLA	SEV	CLAS	CAUSA DE LA FALLA	O C U R R	CONTROLES DE PREVENCIÓN	CONTROLES DE DETECCIÓN	D E T E C	N R P	ACCIONES RECOMENDADAS	RESPONSABLE Y FECHA DE TOMA DE ACCION
Rechazar material conforme	Efecto de retraso de la siguiente operacion	5	Menor	Informacion erronea (dibujo y/o mapics)	3	Instructivo de operaci3n de la m3quina IRF7584	FR8211 Registro de inspeccion diaria en fabricacio, y FR8213 Plan de control de proceso de fab. Y hoja de auto control	6	90		
			Menor	Omitir la revicion de la informacion relacionada con la orden de trabajo	3	Instructivo de operaci3n de la m3quina IRF7584	FR8211 Registro de inspeccion diaria en fabricacio, y FR8213 Plan de control de proceso de fab. Y hoja de auto control	6	90		
			Menor	Falta de capacitacion a operadores en proceso de doblez	4	Plan anual de capacitaci3n por proceso	No se tiene	10	200	Realizar una evaluaci3n anual al operador por parte del Ing. de prod y el De manufactura	Ing. De prod./Ing. de manufactura
			Menor	Equipo de medici3n en malas condiciones	2	Plan de verificaci3n de equipos de medicion PRA7601	FR8211 Registro de inspeccion diaria en fabricacio, y FR8213 Plan de control de proceso de fab. Y hoja de auto control	6	60		

Figura 19. An3lisis de modo y efecto de la falla de proceso (2/6)

MODO DE LA FALLA	EFFECTO DE LA FALLA	SEV	CLAS	CAUSA DE LA FALLA	OCURR	CONTROLES DE PREVENCIÓN	CONTROLES DE DETECCIÓN	DETEC	NRP	ACCIONES RECOMENDADAS	RESPONSABLE Y FECHA DE TOMA DE ACCION
Falta de herramientas	Efecto de retraso de la siguiente operación.	5	Menor	La herramienta se daño y no fue reportada	2	No se tien	Visual	10	100		
			Menor	No se compro herramienta cuando el producto se desarrollo	2	Plan de manufactura en el desarrollo de nuevos productos	Fairs	4	40		
Herramientas en mal estado:	Reclamo del cliente interno, interrupcion de la siguiente operación	8	Menor	La herramienta se daño y no fue reportada	2	No se tiene	Visual	6	96		
	Reclamo del cliente interno, interrupcion de la siguiente operación	8	Menor	Se utiliza herramienta en mal estado	2	No se tiene	Visual	6	96		
Herramientas incorrectas	Efecto de retraso de la siguiente operación.	5	Menor	El operador no tiene la capacitacion para localizar la herramienta adecuada	4	Plan anual de capacitación por proceso	No se tiene	10	200	Realizar una evaluación anual al operador por parte del Ing. de prod y el . De manufactura	Ing. De prod./Ing. de manufactura
			Menor	Falta de habilidad y capacitación de los operadores para realizar el SET UP (causa)	4	Plan anual de capacitación por proceso	No se tiene	10	200	Realizar una evaluación anual al operador por parte del Ing. de prod y el . De manufactura	Ing. De prod./Ing. de manufactura
Maquina en malas condiciones de operacion	Efecto de retraso de la siguiente operación.	5	Menor	Falta de mantenimiento a la maquina	2	Instructivo de operación de la máquina IRF7584	FR7544 Formato de mantenimiento autonomo	6	60		

Figura 19. Análisis de modo y efecto de la falla de proceso (3/6)

MODO DE LA FALLA	EFFECTO DE LA FALLA	S E V	CLAS	CAUSA DE LA FALLA	O C U R R	CONTROLES DE PREVENCIÓN	CONTROLES DE DETECCIÓN	D E T E C	N R P	ACCIONES RECOMENDADAS	RESPONSABLE Y FECHA DE TOMA DE ACCION
Doble fuera de dimensiones	Reclamo del cliente interno, interrupcion de la siguiente operación	8	Mayor	Dibujo inadecuado (Equivocado en numero de parte, no actualizado, falta de informacion, ilegible)	3	Instructivo de operación de la máquina IRF7584	FR8211 Registro de inspeccion diaria en fabricacio, y FR8213 Plan de control de proceso de fab. Y hoja de auto control	6	144	Elaborar check list, de las actividades que debe realizar el operador	Produccion / Calidad
			Mayor	Set Up incorrecto	4	Instructivo de operación de la máquina IRF7584	FR8211 Registro de inspeccion diaria en fabricacio, y FR8213 Plan de control de proceso de fab. Y hoja de auto control	6	192	Incremento de auditorias al proceso	Calidad
			Mayor	Equipo de medición en malas condiciones	2	Plan de verificación de equipos de medicion PRA7601	FR8211 Registro de inspeccion diaria en fabricacio, y FR8213 Plan de control de proceso de fab. Y hoja de auto control	6	96		
			Mayor	Falta de experiencia en la operación	4	Plan anual de capacitación por proceso	No se tiene	10	320	Utilizar codigo de identificacion a las personas con falta de experiencia	Produccion / manufactura
			Mayor	Falta de capacitación en el metodo de operación	4	Plan anual de capacitación por proceso	No se tiene	10	320	Realizar una evaluación anual al operador por parte del Ing. de prod y el. De manufactura	Ing. De prod./Ing. de manufactura
			Mayor	Falta de mantenimiento a la maquina	2	Instructivo de operación de la máquina IRF7584	FR7544 Formato de mantenimiento autonomo	6	96		

Figura 19. Análisis de modo y efecto de la falla de proceso (4/6)

MODO DE LA FALLA	EFEECTO DE LA FALLA	S E V	CLAS	CAUSA DE LA FALLA	O C U R R	CONTOLES DE PREVENCIÓN	CONTOLES DE DETECCIÓN	D E T E C	N R P	ACCIONES RECOMENDADAS	RESPONSABLE Y FECHA DE TOMA DE ACCION
Falta de doblez	Reclamo del cliente interno, interrupcion de la siguiente operación	8	Mayor	Dibujo inadecuado (Equivocado en numero de parte, no actualizado, falta de informacion, ilegible)	3	Instructivo de operación de la máquina IRF7584	FR8211 Registro de inspeccion diaria en fabricacio, y FR8213 Plan de control de proceso de fab. Y hoja de auto control	6	144	Elaborar check list, de las actividades que debe realizar el operador	Produccion / Calidad
			Mayor	Set Up incorrecto	4	Instructivo de operación de la máquina IRF7584	FR8211 Registro de inspeccion diaria en fabricacio, y FR8213 Plan de control de proceso de fab. Y hoja de auto control	6	192	Incremento de auditorias al proceso	Calidad
			Mayor	Equipo de medición en malas condiciones	2	Plan de verificación de equipos de medicion PRA7601	FR8211 Registro de inspeccion diaria en fabricacio, y FR8213 Plan de control de proceso de fab. Y hoja de auto control	6	96		
			Mayor	Falta de experiencia en la operación	4	Plan anual de capacitación por proceso	No se tiene	10	320	Utilizar codigo de identificacion a las personas con falta de experiencia	Produccion / manufactura
			Mayor	Falta de capacitación en el metodo de operación	4	Plan anual de capacitación por proceso	No se tiene	10	320	Realizar una evaluación anual al operador por parte del Ing. de prod y el . De manufactura	Ing. De prod./Ing. de manufactura

Figura 19. Análisis de modo y efecto de la falla de proceso (5/6)

MODO DE LA FALLA	EFFECTO DE LA FALLA	SEV	CLAS	CAUSA DE LA FALLA	O C U R R	CONTROLES DE PREVENCIÓN	CONTROLES DE DETECCIÓN	D E T E C	N R P	ACCIONES RECOMENDADAS	RESPONSABLE Y FECHA DE TOMA DE ACCION
Doblez invertido	Reclamo del cliente interno, interrupcion de la siguiente operación	8	Critico	Dibujo inadecuado (Equivocado en numero de parte, no actualizado, falta de informacion, ilegible)	3	Instructivo de operación de la máquina IRF7584	FR8211 Registro de inspeccion diaria en fabricacio, y FR8213 Plan de control de proceso de fab. Y hoja de auto control	6	144	Verificar al menos 2 veces por turno que el operador cumpla con el plan de inspección	Ingeniero de producción de cada área
			Critico	Set Up incorrecto	4	Instructivo de operación de la máquina IRF7584	FR8211 Registro de inspeccion diaria en fabricacio, y FR8213 Plan de control de proceso de fab. Y hoja de auto control	6	192		
			Critico	Falta de experiencia en la operación	4	Plan anual de capacitación por proceso	No se tiene	10	320	Utilizar codigo de identificacion a las personas con falta de experiencia	Produccion / manufactura
			Critico	Falta de capacitación en el metodo de operación	4	Plan anual de capacitación por proceso	No se tiene	10	320	Realizar una evaluación anual al operador por parte del Ing. de prod y el . De manufactura	Ing. De prod./Ing. de manufactura

Figura 19. Análisis de modo y efecto de la falla de proceso (6/6)

Paso 12

Desarrollar plan de colección de datos e información

De acuerdo a lo recabado en el AMEF, se asignaron actividades a cada responsable para recabar datos fundamentales esto conforme al número prioritario de riesgo

Figura 20.- Plan de colección de datos e información

PLAN DE TRABAJO

PROYECTO DOBLEZ

Objetivo:		KPIs													
Just Do it		Reducir los defectos de doblez en un 50%													
No.	BASIC ACTIVITIES DESCRIPTION	RESP.	OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	Definición de formato de inspección de operador	Equipo	P												
			R												
2	Definición de formato de supervisión por parte de Ing. De producción	Equipo	P												
			R												
3	Definición de Listado básico de operación de proceso de doblez	Equipo	P												
			R												
4	Recopilación de datos y análisis	Equipo	P												
		Supervisores	R												
5	Revisión de procedimiento para capacitación de operadores	Jefes de Prod.	P												
		Equipo	R												
6	Inventario de herramienta en proceso de doblez	Jefe Mantto.	P												
		Equipo	R												
7	Creación de matriz de habilidades de operadores	Jefes de Prod.	P												
		Equipo	R												
8	Implementación de dispositivos de calidad	Ing. de calidad	P												
			R												
9	Control	Equipo	P												
			R												
10	Replicación a otras áreas	Jefes de prod.	P												
		Equipo	R												

En donde KPI's = Key performance indicator's

Paso 13

Evaluar sistema de medición

De acuerdo a nuestro análisis AMEF nos e considerara como critico el sistema de medición, ya que el nivel de prioridad de riesgo no arroja resultados críticos. Los instrumentos de medición se tienen controlados bajo el área de metrología y la operación de estos por parte de los operadores se realiza bajo cierta capacitación y estudio de habilidades.

Paso 14

Recolección de datos y caracterización del proyecto

Se procedió a recabar datos del proceso por medio de dos formatos, un formato para el operador y otro para el supervisor.

Se procedió a evaluar 2 dobladoras para manejar muestras. La población total es de 4 dobladoras; tres maquinas Truma Bend de capacidad de 60 toneladas y 1 finn Power de capacidad de 30 ton.

Sobre la bancada de estas, no se tiene diferencia significativa, ya que la mayoría de los catálogos no llegan a superar la maquina más pequeña, en este caso la Finn Power. Las máquinas a analizar las identificaremos como 192 (Truma Bend) y 187 (Finn Power)

Se tienen 2 turnos, el primer turno labora de 6:30 a 15:30 y el segundo turno labora de 22:30 a 6:30.

Check List Proyecto Six Sigma DobleZ

Check List Proyecto Six Sigma DobleZ										
Turno:	P4-184					P4-192				
Responsable:	P4-184					P4-192				
Catalogo:										
1	Operador jala el programa del catalogo asignado para empezar la preparación									
2	Movedor acerca el material									
3	Monta la herramienta de acuerdo a lo que indica el programa									
4	Realiza preparación asegurandose de colocar dispositivos de seguridad									
5	El operador checa que las revisiones coincidan con toda la información (mapics y dibujo)									
6	Verifica el espesor del material y proceso anterior para doblar su primera pieza									
7	Correr e Inspeccionar Primeras Muestras									
8	Revisa su primera pieza con respecto al dibujo para validar el proceso y se registra en su registro de inspección									
9	Inspeccionar muestras a la mitad y final del lote									
Comentarios:										

Figura 22.- Formato para supervisor

En base a estos formatos se procederá a recabar la información necesaria para poder identificar las causas que provocan defectos en un producto, identificando las principales actividades de este proceso, las cuales podemos ver a continuación:

- Operador jala el programa del catálogo asignado para empezar la preparación
- Movedor acerca el material
- Realiza preparación asegurándose de colocar dispositivos de seguridad
- El operador checa que las revisiones coincidan con toda la información (hoja de trabajo y dibujo)
- Verifica el espesor del material y proceso anterior para doblar su primera pieza
- Correr e inspeccionar Primeras muestras
- Revisa su primera pieza con respecto al dibujo para validar el proceso y se registra en su registro de Inspección
- Inspeccionar muestras a la mitad y final del lote

Los datos recabados los podemos resumir en las siguientes graficas

Figura 23.- Pareto de tiempos muertos en dobladora P4-187

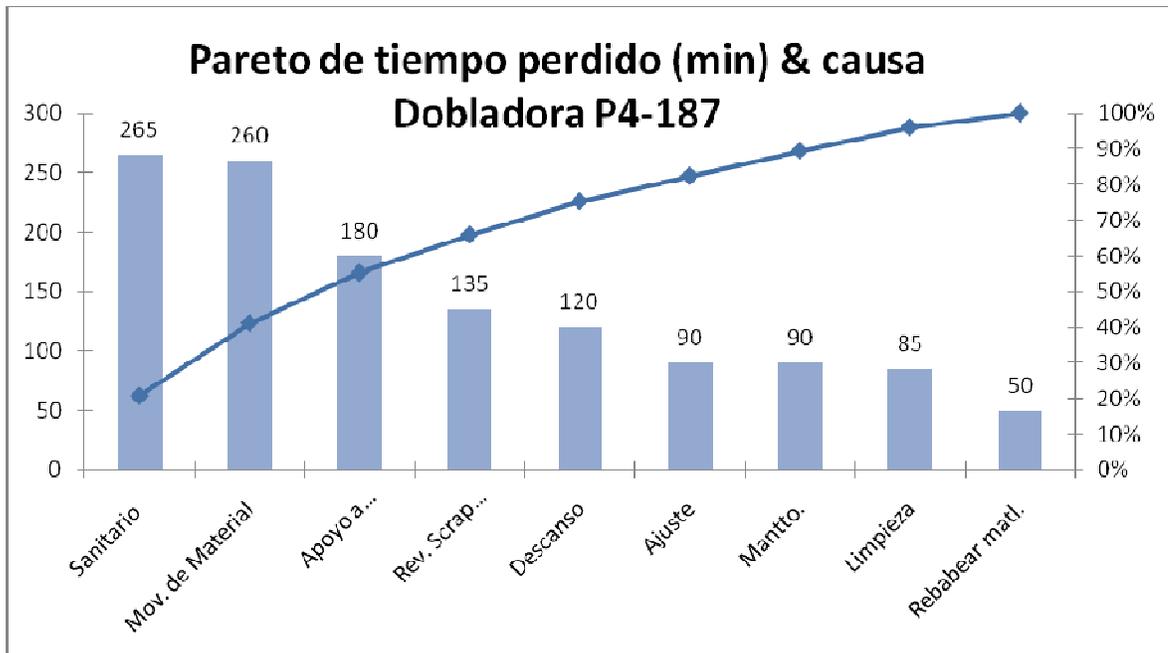


Figura 24.- Pareto de tiempos muertos en dobladora P4-192

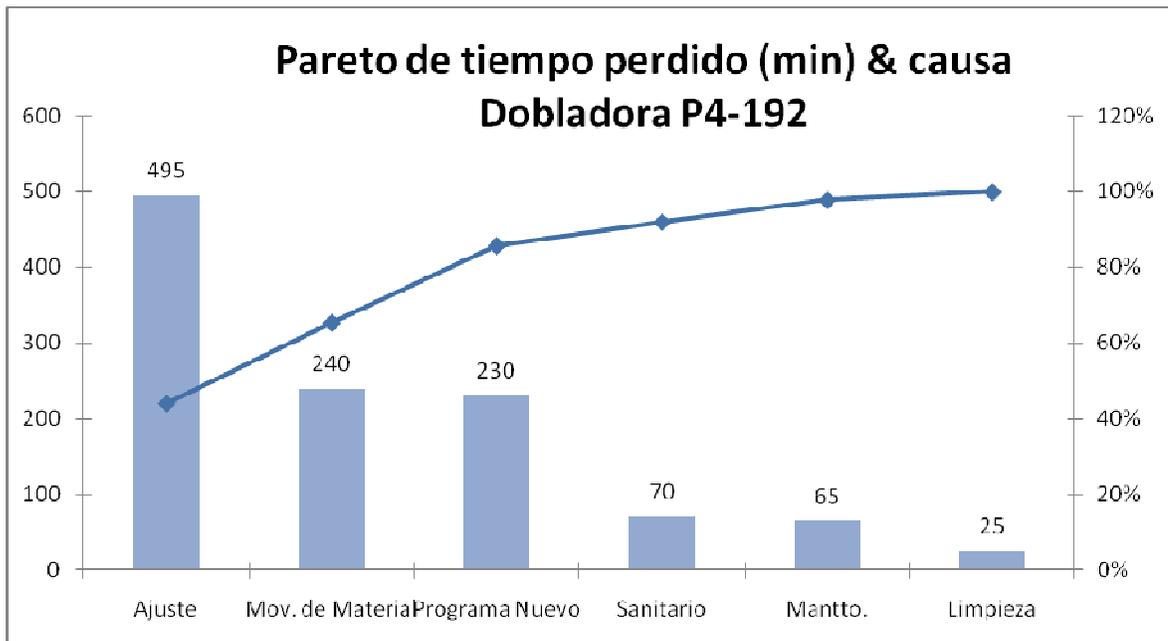
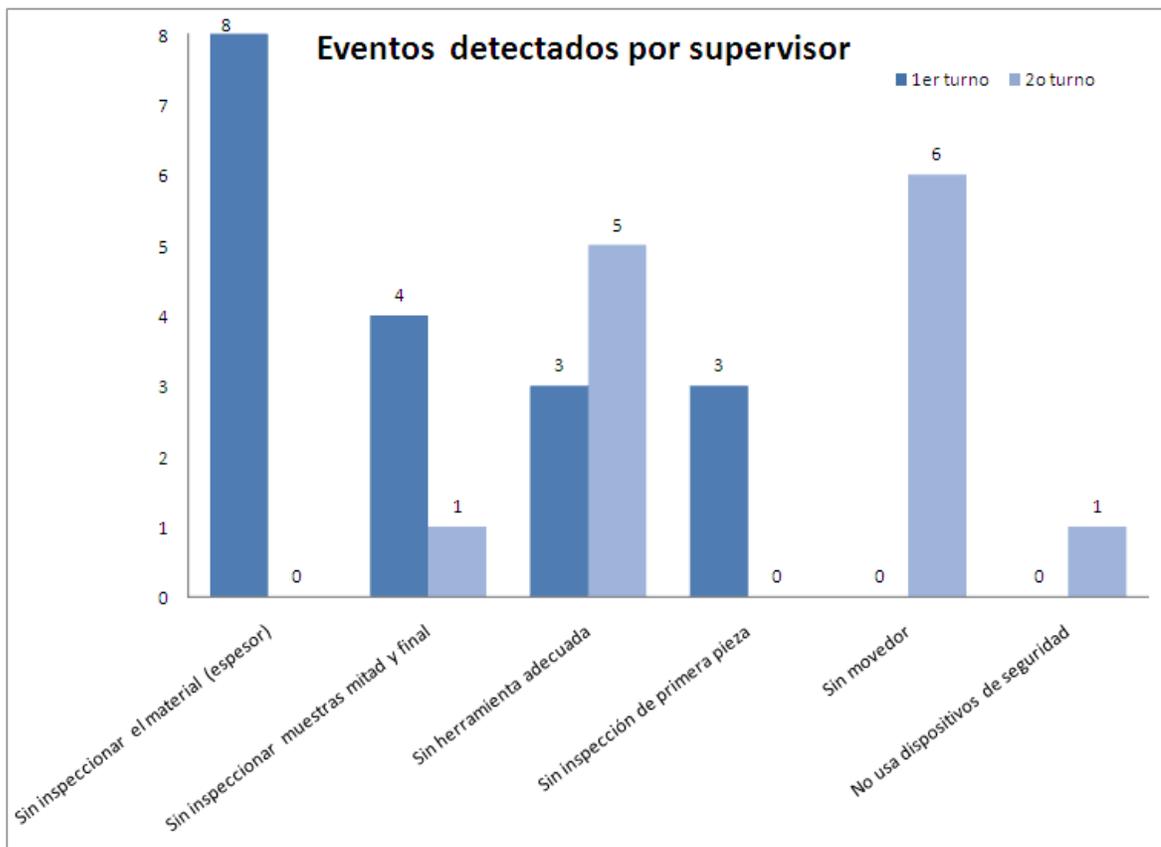


Figura 25.- Grafica de errores potenciales detectados por auditorias de supervisor



Por la gran variedad de ordenes no podemos estandarizar los tiempos ni sacar una media, ya que esta no sería representativa, ya que las ordenes de manufactura varían en cantidad, numero de dobleces, complejidad de pieza, complejidad de ajuste y montaje de herramientas, programa en maquina, experiencia del operador, etc.

Es de vital importancia recalcar en los operadores la inspección de su material, el supervisor debe asegurarse que esta actividad se mantenga continuamente. Es por eso que el check list del supervisor es una herramienta para lograr cambiar el mal hábito del operador.

Etapas Analizar

Paso 15

Análisis de causa de variación

Lo que podemos observar en los datos arrojados por el experimento es que existen áreas de oportunidad en cuanto a la capacitación de los operadores. Tal como lo muestra el análisis AMEF, marca como los más altos RPN's (Números Prioritarios de Riesgo) los relacionados con la capacitación del personal.

Los errores potenciales mostraron una mayor cantidad de eventos en los que el operador no realizaba sus inspecciones de calidad (Inicio, Mitad y Final) de cada orden.

Se muestra también que en los operadores que realizaban ajustes más rápidos, características de operadores expertos, se tenían mayor número de órdenes sin revisar. Clara muestra de complacencia por parte del operador.

Hay una clara diferencia en los hábitos del primer turno y segundo turno, (como lo muestra la figura 21) existe un mayor número de eventos en donde no hay movedor de material en el segundo turno.

Además se observa que la productividad es diferente en cada operador, arrojando un tiempo de preparación significativamente más alto en el operador de la maquina P4-192 que el de la P4-187.

Se debe estandarizar el proceso con dispositivos que faciliten el ajuste y preparación del operador.

Se aprecia además que el supervisor tiene una figura muy importante en su proceso, ya que este es el que se encarga de revisar que los equipos funcionen correctamente para no comprometer la seguridad de los operadores, además de que es el que vigila que se cumplan los procedimientos de calidad, que en

este caso es el de inspeccionar las piezas al inicio, mitad y final de cada orden por parte del operador. Se encarga además de asignar la carga de trabajo a los diferentes dobladores que tiene su plantilla y esta designación de carga la realiza en base a la matriz de habilidad de cada operador.

Lo que cambia además de una maquina a otra es la herramienta que tiene disponible cada operador, existe cierta herramienta que no está disponible en ciertas maquinas y en otras si, dificultando así una estandarización en la preparación de cada orden. Se debe llegar a una optimización de la herramienta, para que no sea esta una condición de calidad. Se pretende que todas las maquinas tengan la herramienta suficiente para que puedan realizar cualquier preparación de acuerdo al producto y esto se realizara con mejora continua y con la supervisión eficaz por parte del supervisor.

Etapas Mejorar

Paso 16

Confirmación de la relación de los factores con la respuesta de entrada

En este punto mostraremos un ejemplo del Check list del supervisor a operadores expertos y el registro diario de los operadores en este proyecto

Figura 26.- Figura Check list de supervisor con observaciones a operadores

Check List Proyecto Six Sigma DobleZ										
Turno: 3°	P4-187					P4-192				
Responsable: Carlos Reynaga	P4-187					P4-192				
Catalogo:	73297-302-02	73297-302-02	73297-304-02			73298-368-01	73297-182-03	73297-168-02		
1	Operador jala el programa del catalogo asignado para empezar la preparación									
2	Movedor acerca el material									
3	Monta la herramienta de acuerdo a lo que indica el programa									
4	Realiza preparación asegurandose de colocar dispositivos de seguridad									
5	El operador checa que las revisiones coincidan con toda la información (mapics y dibujo)									
6	Verifica el espesor del material y proceso anterior para doblar su primera pieza									
7	Correr e Inspeccionar Primeras Muestras									
8	Revisa su primera pieza con respecto al dibujo para validar el proceso y se registra en su registro de inspección									
9	Inspeccionar muestras a la mitad y final del lote									
Comentarios:		Para el catalogo 73297-304-02 el doblez no permite colocar dispositivo de seguridad.								

Figura 27.- Ejemplo de formato de registro de operador

DOBLADORAS MULTIMEDICION							TURNO	FECHA	OBSERVACIONES
CATALOGO	Fecha	T. PREP.		T. PROC.		CANT.			
		INICIO	TERMINO	INICIO	TERMINO	PROG.	REAL		
73296-560-01	25-Oct	23:55	00:00	00:05	00:20	25	18	5 min. Sanitario	
73298-369-01	25-Oct	00:25	00:30	00:32	02:25	65	70	15 min. Cambio de uniforme, 10 min acarrear material	
73296-504-02	25-Oct	02:30	02:35	02:50	06:25	385	382	10 min. Descanso, 15 min. Sanitario, 15 min de acarrear material y 5 min bajar material	
73298-435-01	26-Oct	06:45	07:10	07:10	07:25	30	33	15 min mantto. Autonomo	
73297-214-01	26-Oct	07:25	07:40	07:40	08:10	10	14		
73296-355-01	26-Oct	08:10	08:20	08:20	08:35	40	36		
73298-519-01	26-Oct	08:35	08:55	08:55	09:00	15	12		
73298-516-02	26-Oct	09:00	09:25	09:25	09:48	50	39		
73293-206-03	26-Oct	09:48	10:05	10:05	10:10	3	6		
73298-371-03	26-Oct	10:10	11:00	11:00	12:00	20	20	Entre la preparación hubo plática sobre el inventario 20 mins. , 30 min. Ajustando medidas y apoyo a compañero	
73298-371-02	26-Oct	12:00	12:30	12:30	12:55	25	25		
73298-991-01	26-Oct	12:55	13:15	13:15	13:25	30	38		
73296-352-08	26-Oct	13:25	13:45	13:45	15:00	100	100		
73297-302-02	26-Oct	23:00	23:10	23:15	00:00	80	80	10 min. Sanitario	
73297-302-02	26-Oct	00:00	00:00	00:00	01:40	80	76	10 min. Apoyo a compañero	
73297-304-02	26-Oct	02:00	02:05	02:08	05:55	480	503	10 min. Descanso, 15 min. Sanitario, acarrear material 20 min. 5min. Limpieza	
73297-301-01	31-Oct	23:05	23:10	23:15	05:45	120	390	10 min. Subiendo mat., 10 min. Sanitario, 10 min. descanso, 10 sanitario	
73297-117-02	31-Oct	05:50	05:55	05:59	06:20	180	15	10 min. Subiendo material	
73297-780-01	02-Nov	06:50	07:10	07:10	08:45	215	234	de 6:30 a 6:50 mantto. autónomo	
73298-367-02	02-Nov	08:45	08:59	08:59	09:30	104	104		
73298-367-01	02-Nov	09:30	09:40	09:40	11:00	350	390		
73299-045-04	02-Nov	11:35	12:00	12:00	13:25	155	142	30 mints comedor	
73293-002-03	02-Nov	13:25	13:35	13:35	13:55	40	40		
73298-420-01	02-Nov	13:55	14:05	14:05	14:25	70	75		
73297-302-02	02-Nov	14:25	14:55	14:55	15:00	80	5	Solo preparación	

Paso 17

Establecer el mapa del estado futuro

Para proyectos donde se requiere simplificar el proceso el mapa del estado futuro nos permitirá identificar los desperdicios que podemos eliminar y la magnitud de las mejoras.

Se puede observar en este punto que hay mucho tiempo perdido por el movimiento de material, consecuencia de movimientos en exceso ya que el material que sale de punzonado se coloca en tarimas de madera y pasa al área de doblado. Las maniobras se realizan con un rodacargas (Big Joe) y las tarimas se colocan en la mesa del doblador.

Como mejora en este punto, pero no específicamente en calidad, se cambió de tarimas a carros de material, los cuales están acondicionados a desplazarse fácilmente y trasladar el material dentro de estos.

Aquí nos evitamos los tiempos muertos por movimientos de material y se refleja en una productividad mayor.

Paso 18

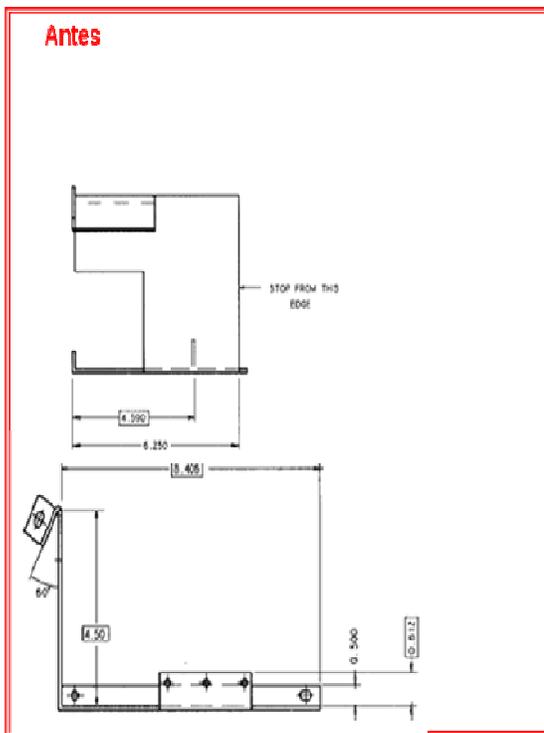
Se identificaron mediante un análisis Pareto los catálogos con mayor volumen de producción y se revisó la realización de su dispositivo de calidad, el cual ayuda a inspeccionar si la pieza cumple las especificaciones del plano de ingeniería, además de estandarizar el proceso de doblado.

Figura 28.- Listado de catálogos con mayor volumen en la línea con programa de fabricación de Pokayoke

No. De Catalogo	Prioridad	Fecha de inicio	Fecha de terminación	Avance
40540-062-02	1	10-enero	15-enero	100%
73296-861-03	2	13-enero	23-enero	60%
73299-031-04	3	17-enero	30-enero	15%
73298-369-01	4	1-febrero	15-febrero	5%
73297-301-01	5	20-febrero	10-marzo	5%
73297-309-01	6	13-marzo	30-marzo	5%
73296-542-03	7	S/F	S/F	0%
73297-302-02	8	S/F	S/F	0%
73297-233-01	9	S/F	S/F	0%
73296-560-01	10	S/F	S/F	0%

En la figura 29 podemos ver el antes y después con la ayuda de los dispositivos de inspección, mostrando la dificultad que tiene el operador al medir ciertas piezas, además de tener una alta probabilidad de no inspeccionar correctamente su pieza, se reducen además tiempos por inspección. La ayuda de los dispositivos da la facilidad al operador de no equivocarse al doblar su pieza.

Figura 29.- Dispositivos de inspección de doblez.



Etapa de control

Figura 30.- Cálculo de sigma del proceso por el método 1 a inicios del proyecto

1. Determine number of defect opportunities per unit	O =	2		
2. Determine number of units processed	N =	941501		
3. Determine total number of defects made (include defects made and later fixed)	D =	594		
4. Calculate Defects Per Opportunity	$DPO = \frac{D}{N \times O} =$	0.00032	DPMO =	315
5. Calculate Yield	Yield = $(1 - DPO) \times 100 =$	99.968%		
6. Look up Sigma in the Process Sigma Table	Process Sigma =	4.92		

Figura 25.- Cálculo de sigma del proceso por el método 1 como objetivo del proceso

1. Determine number of defect opportunities per unit	O =	2		
2. Determine number of units processed	N =	941501		
3. Determine total number of defects made (include defects made and later fixed)	D =	297		
4. Calculate Defects Per Opportunity	$DPO = \frac{D}{N \times O} =$	0.00016	DPMO =	158
5. Calculate Yield	Yield = $(1 - DPO) \times 100 =$	99.984%		
6. Look up Sigma in the Process Sigma Table	Process Sigma =	5.10		

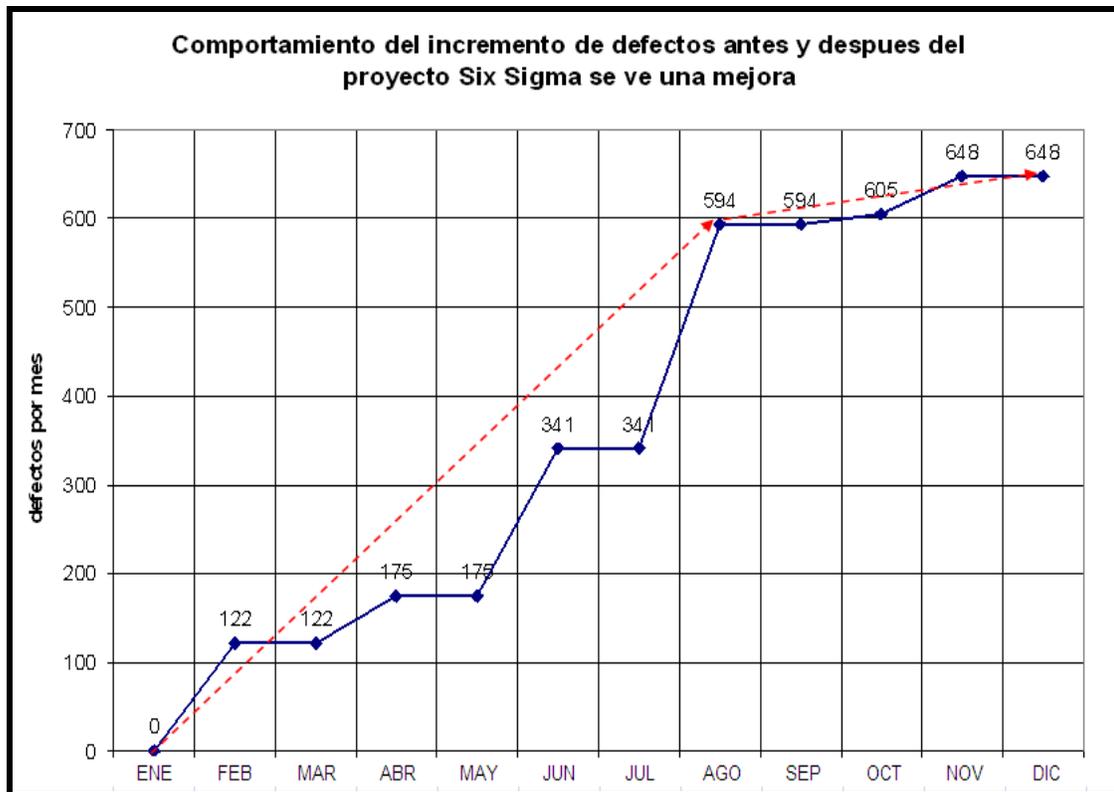
Figura 26.- Cálculo de sigma del proceso por el método 1 como objetivo del proceso

1. Determine number of defect opportunities per unit	O =	2		
2. Determine number of units processed	N =	941501		
3. Determine total number of defects made (include defects made and later fixed)	D =	238		
4. Calculate Defects Per Opportunity	$DPO = \frac{D}{N \times O} =$	0.00013	DPMO =	126
5. Calculate Yield	Yield = $(1 - DPO) \times 100 =$	99.987%		
6. Look up Sigma in the Process Sigma Table	Process Sigma =	5.16		

Resultados

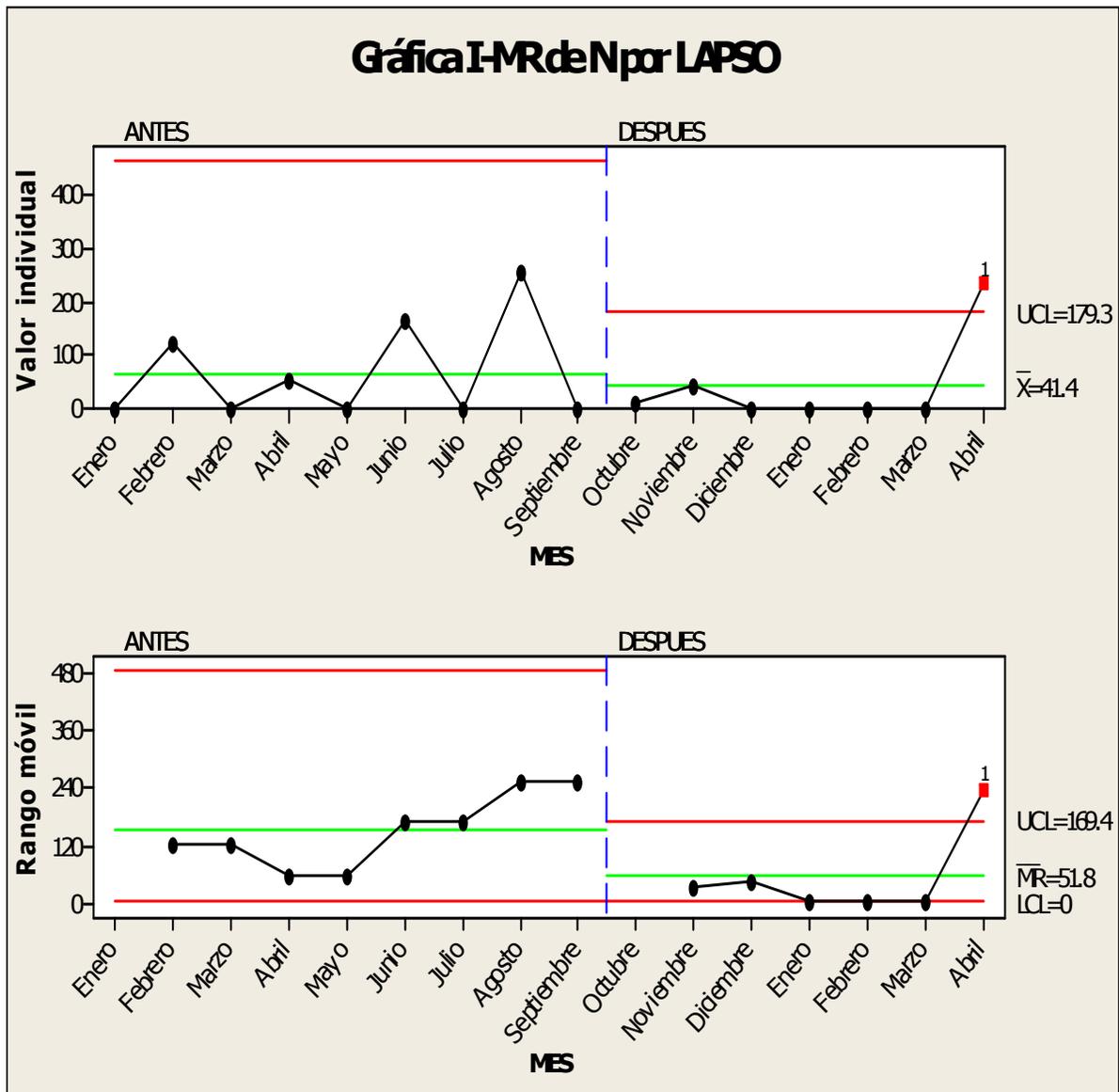
Se puede observar que la sigma del proceso después de los cambios mejoró y se logró el objetivo de reducir los defectos en un 50%

Figura 31.- Gráfico de serie de tiempo de acumulado de errores en proceso de dobléz de MM



En la gráfica podemos observar que el grado de inclinación de la línea de tiempo es mucho menor al final del año, tiempo en el que el proyecto estuvo en activo en la línea de MM.

Figura 32.- Grafico de control tipo I-MR para datos ante y después del proyecto



En la grafica de control podemos observar que los errores disminuyeron considerablemente, impactando en la disminucion de la variacion de los valores individuales y de los rangos.

Después del proyecto

Se completó el objetivo de disminuir en 50% los defectos del área de doblez de la línea de MM. Se logró controlar el 80 del volumen de producción a través del diseño de dispositivos de inspección

Los resultados fueron relevantes y se reflejaron en costos de no calidad como retrabajo y scrap, esto se corroboró con el histórico del costo del material que se tira por concepto de producto no conforme producidos por el proceso de doblez, esto a su vez impacta en el indicador y objetivo de calidad de la línea, además de de incrementar el mejorar el nivel de servicio al cliente interno y externo.

Se observó también que la supervisión constante fue causa importante en la disminución de defectos del área.

CONCLUSIONES

Se logró cumplir el objetivo planteado en el proyecto, demostrando que la metodología Seis Sigma es una herramienta poderosa para alcanzar la rentabilidad de una empresa, ya que esta metodología esta orientada al mejoramiento de procesos de las empresas, el cual es muy similar al proceso de mejora continua, pero este último más ampliamente aplicado hoy por hoy a cualquier nivel y en las diferentes actividades de las empresas, mientras que el seis sigma tiene más una connotación de control y mejoramiento de procesos productivos.

En México, la implantación de la metodología Seis Sigma aun no se ha iniciado en la micro y pequeña empresa, sólo se ha iniciado en empresas medianas y grandes, subsidiarias de grandes corporaciones que han impulsado su implantación.

Sin embargo, a pesar de que algunas empresas ya han empezado a implementar esta metodología a través de la creación de departamentos especiales para manejar los proyectos Seis Sigma, en algunas de ellas no se ha logrado implementar la metodología en toda su extensión y esto se debe a diversas causas.

Falta de compromiso

Se han creado en algunas medianas empresas departamentos dedicados a la administración de proyectos Seis Sigma y no dan los resultados esperados, ya que, solo se hace como trámite, sin mayor compromiso.

Herramientas complejas

Los cursos que se imparten a los líderes de proyectos no son suficientes dado el grado de complejidad de algunas herramientas estadística que incluso los cursos de algunas de las herramientas en las universidades toman todo un semestre

Falta de apoyo de la Alta Dirección

Los directivos están muy ocupados en lidiar con las actividades del día a día, para satisfacer las necesidades de cliente y son éstos los que detienen el cambio hacia esta metodología.

El sistema de costos no capitaliza los ahorros

Desafortunadamente los sistemas de costos tienen dificultades para reflejar los ahorros de un proyectos Seis Sigma, ya que la costumbre del “Saco Único” es el principal obstáculo para determinarlo, regularmente todo lo que se gasta se acumula a fin de mes y el costo es prorrateado a todos los productos.

Trabajo en equipo

El trabajo en equipo es deficiente. Cuando no hay un ambiente sano en el lugar de trabajo, la información no fluirá de la manera adecuada, las juntas de trabajo serán muy largas e improductivas.

Falta dominio en herramientas estadísticas

Poco dominio de herramientas estadísticas por parte de los empleados, por lo que no es fácil obtener su participación en los proyectos

Apagando fuegos

Personal demasiado ocupado con las actividades diarias. Se refleja la ceguera de taller y es difícil identificar los posibles proyectos potenciales.

Sin embargo, a pesar de las grandes dificultades a las que se enfrenta una empresa para adoptar la metodología Seis Sigma, se debe llegar a este nivel de excelencia para optimizar los procesos y dar mayor satisfacción al cliente.

Se ha demostrado que a través de esta metodología las grandes empresas se han vuelto más sólidas por el nivel de ahorros significativos que resultan por adquirir esta filosofía.

Debemos aclarar que la finalidad del Seis Sigma no solo es llegar a una búsqueda enfermiza de las fallas de los procesos con el sentido de mejorar, sino también en reconocer con claridad y saber apreciar que estamos haciendo bien y adquirir las mejores prácticas de un proceso para replicarlo en otros.

La metodología DMAIC resulta clara en su estructura, te lleva paso a paso para la realización y cierre del proyecto.

Específicamente en este proyecto me encontré con circunstancias que pudieron cambiar la ruta que se tenía programada en el proyecto, como el caso de dificultades de trabajar en equipo, ya que la realización de proyectos Seis Sigma se realiza regularmente como un extra o un plus a las actividades diarias de cada integrante del equipo y cada quien le da su nivel de responsabilidad e interés. Algo que puso en el lado positivo de la balanza al trabajo en equipo fué que todos los integrantes del equipo tenían relación directa con el objetivo planteado en el proyecto y eso es algo que hay que buscar a la hora de definir al equipo de trabajo.

Otra barrera que salió a la vista en este proyecto Seis Sigma fue el delicado trabajo con los recursos humanos, ya que se necesitó cambiar la cultura a los operadores de doblez sobre la supervisión y apoyo que reciben de parte del

ingeniero de producción, que se volvió una pieza clave para lograr un control en este proceso.

En definitiva, la metodología DMAIC a través de Seis Sigma será muy analizada en el futuro, en donde quizás sea materia opcional en algunas universidades.

Cada vez son mayores las instituciones que tratan de certificar y preparar a los elementos de la estructura Seis Sigma (Black Belt, Green Belt), además de las vacantes de empleo que piden por lo menos algún grado de conocimiento en esta metodología.

Bibliografía

Curso Green Belt Six Sigma. Schneider Electric México

Curso Green Belt Six Sigma Verzatec

PANDE Peter, Las claves Prácticas de Seis Sigma. McGraw Hill, 2004

GONZÁLEZ Fernando, Seis Sigma para gerente y directores, Libros en red

REYES Aguilar Primitivo, Manufactura Delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas mexicanas; experiencias y reflexiones.

F. Jeri Leoncio, UNALM Resumen de artículos sobre Six Sigma

MONTAÑEZ MUÑOZ JUAN FREDY, Trabajo de tesis "Implementación de metodología Six Sigma en la Mejora de Procesos y seguridad en las instalaciones de Schneider Electric de Colombia S.A. Universidad de la Salle

http://cetec.frqp.utn.edu.ar/secciones/articulos_y_temas/6_sigma_ce/cuerpo.htm

<http://www.monografias.com/trabajos14/seis-sigma/seissigma.shtml>.

http://www.elprimsa.com/apuntes/ingenieria_industrial/sixsigma/default.asp

www.ongconcaldiad.org/seissigma.pdf

<http://www.dmaic-sp.com>