



UNIVERSIDAD PANAMERICANA
CAMPUS GUADALAJARA

"REDISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN Y MEJORA DE LA CALIDAD DE UN PRODUCTO PLÁSTICO, PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA FABRICANTE DE BOLSAS DE PLÁSTICO"

JOSE MANUEL RAMOS PARTIDA

Trabajo presentado para optar por el grado de Maestro en
Optimización de Sistemas Productivos con
Reconocimiento de Validez Oficial de Estudios de la
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA,
según acuerdo número 994189 con fecha 09-VII-99

Zapopan, Jal., Enero del 2005



UNIVERSIDAD PANAMERICANA
SEDE GUADALAJARA
BIBLIOTECA



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

CAMPUS GUADALAJARA

“REDISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN Y MEJORA DE LA CALIDAD DE UN PRODUCTO PLÁSTICO, PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA FABRICANTE DE BOLSAS DE PLÁSTICO”

JOSÉ MANUEL RAMOS PARTIDA

Tesis presentada para optar por el grado de Maestro en
Optimación de Sistemas Productivos con
Reconocimiento de Validez Oficial de Estudios de la
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA,
según acuerdo número 994189 con fecha 09-VII-99.

Zapopan, Jal., Enero del 2005

CLASIF: TE MIO3 2005 RAM

ADQUIS: 62361 / 1

FECHA: 08-03-07

DONATIVO DE Rumos Partida.

\$ _____

140 h. ; gráfs., diagrs., tablas ; 28 cm. + 1 disco óptico de computadora ; 42 cm
#58.562 RAM 2005

500. Publicado también en forma electrónica en formato PDF para la comunidad universitaria de la UP

502. Tesis (Maestría) - Universidad Panamericana Campus Guadalajara, 2005

504. Bibliografía : h. 115-116

1. Tesis y disertaciones académicas - Universidad Panamericana Campus Guadalajara
2. Control de calidad -
3. Control de la producción



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

CAMPUS GUADALAJARA

DICTAMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN DE GRADO

SR. JOSÉ MANUEL RAMOS PARTIDA

Presente.

En mi calidad de presidente de la Comisión de Exámenes de Grado, y después de haber analizado el trabajo de titulación presentado por usted en la alternativa de **TESIS**, titulada:

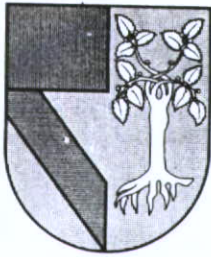
"REDISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN Y MEJORA DE LA CALIDAD DE UN PRODUCTO PLÁSTICO, PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD"

Le manifiesto que reúne los requisitos a que obligan los reglamentos en vigor para ser presentado ante el H. Jurado del Examen de Grado, por lo que deberá de entregar siete ejemplares como parte de su expediente al solicitar el examen.

ATENTAMENTE

MTRO. FRANCISCO INMANOL ERTZE ENCINAS

PRESIDENTE DE LA COMISIÓN



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

CAMPUS GUADALAJARA

Enero del 2005

MTRO. FRANCISCO INNMANOL ERTZE ENCINAS
PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE
EXÁMENES DE GRADO
P R E S E N T E .

Me permito hacer de su conocimiento que **JOSÉ MANUEL RAMOS PARTIDA**, de la Maestría en Optimización de Sistemas Productivos, ha concluido satisfactoriamente su trabajo de titulación con la alternativa TESIS, titulada:

“ REDISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN Y MEJORA DE LA CALIDAD DE UN PRODUCTO PLÁSTICO, PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA FABRICANTE DE BOLSAS DE PLASTICO ”

Manifiesto que, después de haber sido dirigida y revisada previamente, reúne todos los requisitos técnicos para solicitar fecha de Examen de Grado.

Agradezco de antemano la atención prestada y me pongo a sus órdenes para cualquier aclaración.

ATENTAMENTE

MTRO. FRANCISCO EDUARDO ANGUANO COVARRUBIAS
ASESOR DE TESIS

*A mis padres,
por sus enseñanzas y valores.*

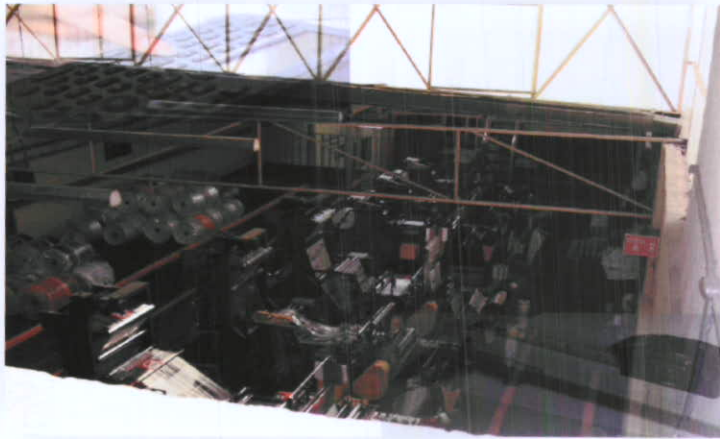
*A todos los “jugadores” que
participaron en este proyecto,
En especial a Marco Antonio
por su apoyo y colaboración*

*A mis hermanos,
Especialmente a Rosa María*

Índice

1. Introducción.....	1
2. Justificación.....	4
3. Objetivos.....	6
4. Metodología.....	8
5. Diseño de instrumentos.....	27
6. Alcance.....	29
7. Antecedentes de la compañía.....	31
8. Capítulo 1: Definición del problema.....	34
9. Capítulo 2: Medición del sistema actual.....	51
10. Capítulo 3: Análisis.....	71
11. Capítulo 4: Propuestas de mejora.....	91
12. Conclusiones.....	110
13. Bibliografía.....	114
14. Glosario	
15. Anexos	

1. Introducción



Los problemas de las medianas y pequeñas empresas mexicanas, son típicos y muy similares: la baja calidad de los productos y paros constantes en los equipos por la ausencia de un sistema de calidad y de mantenimiento preventivo. Para que estas empresas sean productivas es necesario que sean capaces de resolver estos problemas desde la causa raíz iniciando un cambio hacia la cultura de la calidad, de tal forma que la empresa tenga una ventaja competitiva. Para ello es necesaria una toma de conciencia desde la Gerencia y que esta sea capaz de generar el cambio que llegue a toda la organización, a todos los departamentos de igual forma, la gerencia debe de establecer un plan estratégico basado en su realidad particular y no como un modelo copiado que no pueda cumplir.

La competencia es cada vez más fuerte y para poder no sólo crecer, sino subsistir, inclusive, en este nuevo mundo comercial y competencia internacional es necesario una buena toma de decisiones y para poder hacer frente a estos retos se debe contar con un amplio rango de conocimientos, herramientas, decidir con base a la información, hacer uso de nuevas tecnologías de informática y todo aquello que nos permita esa toma de decisiones. Para resolver un problema es necesario basarse en datos, no es posible resolverlos basados en corazonadas o confiarnos en nuestra propia intuición. Además, para ello se requiere que los datos sean confiables y reales, ya que no es posible tener una tecnología de punta en el manejo de esta información basados en datos *basura*, que nos lleven a malas decisiones, sería sólo sistematizar esta *basura*. Se tiene por lo tanto, considerar el aspecto cultural de la organización. De este modo en la Empresa en la que se desarrolla este proyecto de estudio, pasa por problemas importantes de calidad y disponibilidad en los equipos.

Por lo que, en esta tesis se propone el rediseño del sistema actual de medición que nos aporte primeramente datos confiables, para después en un corto plazo se ataquen las causas de estos problemas apoyándonos del proceso Seis Sigma desarrollado por Motorola en los años 80s y algunas herramientas de Kaizen.

De esta forma la presente Tesis tiene la siguiente estructura:

Definición del problema; en el cual se define el proyecto y se justifica el porque de su elección, en el se comienza con la Voz Del Cliente (VOC), se determinan las especificaciones basadas en esta última mediante el QFD, además de emplear el diagrama de criticos para la calidad (CTQ) y el modelo Kano.

Medición del sistema actual; una vez que se definieron las características de calidad y sus especificaciones se hace un estudio Gauge R&R para evaluar el sistema de medición actual, se recolectan datos para medir la variabilidad, el nivel Sigma, el RTY y el OEE actuales, basados en un plan piloto y algunos formatos y procedimientos actuales.

Análisis; de los datos obtenidos se analizan para determinar a que nivel está funcionando actualmente la compañía, todos los jugadores participantes del proyecto buscan las causas del mal desempeño, mediante el análisis del estudio de Gauge R&R, Paretos, comparando los datos muestreados contra los recabados por el sistema informal, enseguida se emplea el Diagrama Ishikawa que muestra las causas potenciales.

Propuestas de mejora; determinadas las causas de la falla del sistema de medición, se proponen ideas, formatos, procedimientos, y una aplicación de Base de Datos para el manejo de un alto volumen de datos históricos que permitan su posterior análisis para poder resolver los problemas de desperdicio y paro de equipo y maquinaria, pero todo ello reforzado con un cambio cultural desde la Gerencia hacia todo el personal.

2. Justificación

Dentro de nuestra sociedad vemos la existencia de un gran número de pequeñas empresas carentes de sistemas de administración de la calidad y mucho menos que busquen el mejoramiento constante dentro de todas las áreas de las mismas de tal manera que puedan hacer frente a los nuevos retos y a la competencia de las grandes empresas nacionales y extranjeras dentro de nuestro país y fuera de él. Ante estas circunstancias es necesario implementar metodologías y herramientas administrativas que se adapten a la cultura de estas organizaciones que involucren no sólo los aspectos técnicos y estadísticos del control de calidad sino que sea toda la parte humana la que genere mejoras en la calidad, la producción, reducción del desperdicio y los costos por una mala calidad y de esta forma no sólo sobrevivir sino ser más competitivas en precio, calidad y servicio. Y si estas empresas lo logran, entonces nuestro país logrará un crecimiento no sólo económico sino de toda su gente.

Por tal motivo el tema de la presente Tesis está encaminado a mejorar la productividad o resolver los problemas de esta empresa en particular aplicando los pasos de metodología de Seis Sigma en combinación de un cambio de cultura organizacional con Kaizen para de esta forma alcanzar los objetivos propuestos. Y para poder lograrlo sólo se puede con datos e información, por tal motivo la necesidad del diseño del sistema de medición de la calidad.

3. Objetivos

3.1 Generales

-Seguir una metodología que involucre la parte humana y permita el diseño de un sistema de medición y mejora de la producción para la resolución de problemas dentro una empresa fabricante de bolsas de plástico para mejorar su calidad y en consecuencia su productividad.

3.2 Específicos

-Implementar el sistema de mediciones y herramientas desarrolladas en una fábrica de bolsas de plástico.

-Reducir los altos índices de retrabajos y mejorar la calidad en la empresa a través de las herramientas y procedimientos estructurados y de esta forma mejorar la productividad en la empresa.

4. Metodología

Para la resolución de problemas y mejora de la calidad y la productividad en las empresas existen dos vertientes muy importantes, una originada en Japón llamada Kaizen y otro cuyos orígenes son en los Estados Unidos y es conocida como Seis Sigma. Ambas tienen similitudes en cuanto a los pasos a seguir en su metodología, pero tienen grandes diferencias en cuanto a la infraestructura que manejan, principalmente el lado organizacional y el elemento humano. A continuación veremos ambas metodologías para entenderlas y así poder partir de esas bases para el desarrollo de esta tesis y poder resolver el problema planteado, primero se explicará los elementos de Kaizen y enseguida los de Seis Sigma.

4.1 ¿Por qué Kaizen?

Kaizen es la reunión de varias filosofías, teorías y herramientas del área de la calidad utilizadas en Japón durante muchos años. Muchas compañías de clase mundial han utilizado estas herramientas como unos de sus precursores Taiichi Ono de Toyota motors con el sistema Kanban y el sistema Justo a tiempo, Hewlett-Packard, Fuji, Xerox, Toshiba, Pentel, Nissan, Philips, Honda entre otras muchas más.

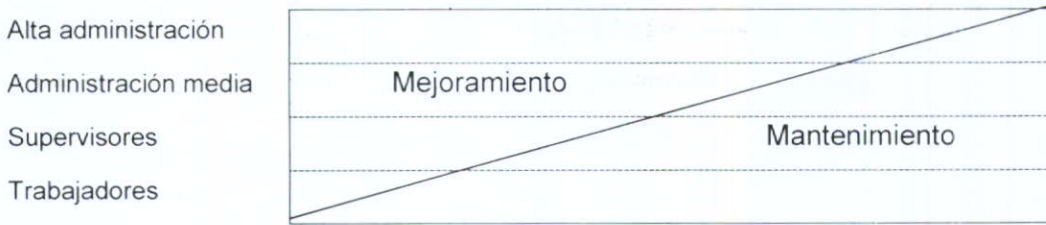
Kaizen es uno de los conceptos más importantes de la administración japonesa (la clave del éxito de la ventaja competitiva). Kaizen significa mejora y es un concepto que involucra a toda la organización (directores, gerentes, trabajadores). Kaizen no se basa en alta tecnología como se ve en las empresas occidentales, sino que se fundamenta en las personas, que son las que realmente generan el valor a los productos o servicios, es por eso que muchas empresas ni siquiera saben que existe una estrategia de Kaizen y que podrían funcionar para su ventaja competitiva.

Kaizen hace un gran énfasis en el proceso más que en resultado, por lo que siempre está en cambios constantes, en contraste con administraciones occidentales en las que sus procesos e instalaciones pueden permanecer iguales por muchos años e incluso décadas.

Tratar de comprender el "milagro económico" japonés, es entender el movimiento de la productividad, control total de calidad (CTC), actividades de grupos pequeños, sistemas de sugerencias, automatización, robots industriales y relaciones laborales, entre otros temas. Muchos entienden o creen entender del sistema administrativo japonés con ciertas prácticas como el sistema de empleo de por vida, salarios basados en antigüedad y sindicato de empresa, cuando en realidad se basan tan sólo en mitos.

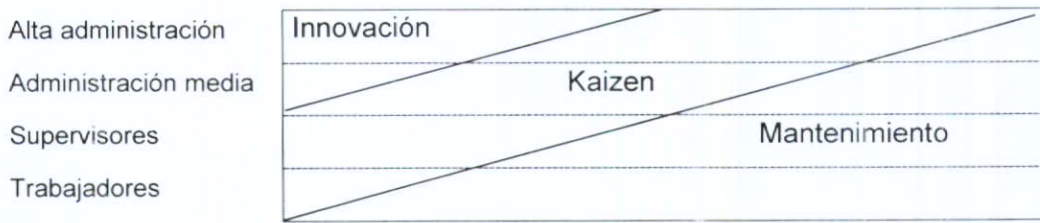
Dentro de Kaizen se le conoce como una sombrilla que cubre esas prácticas "exclusivamente japonesas" como son: orientación al cliente, robótica, círculos de control de calidad, sistemas de sugerencias, automatización, disciplina en el lugar de trabajo, mantenimiento productivo total (TPM), Kanban, mejoramiento de la calidad, justo a tiempo, cero defectos, actividades en grupos pequeños, relaciones cooperativas trabajadores administración, mejoramiento de la productividad, desarrollo del nuevo producto, cambio rápido de herramental (SMED), Poka Yoke y muchas más.

La figura muestra cómo se perciben las funciones del puesto en Japón. La forma como la administración japonesa ve el cambio tiene dos componentes principales: el mantenimiento y el mejoramiento. El mantenimiento se refiere a las actividades dirigidas a mantener los actuales estándares y el mejoramiento se refiere a incrementar estos estándares. Para ello la administración primero debe establecer políticas, reglas y directrices para todas las operaciones importantes y luego ver que todos sigan el estándar, de no ser así se debe aplicar la disciplina.



Kaizen, La clave de la ventaja competitiva Japonesa, Imai Masaaki

La parte de mejoramiento puede dividirse en: Kaizen e innovación. Kaizen significa mejoras pequeñas y es el resultado de esfuerzos progresivos. La innovación implica una mejora drástica como resultado de una inversión más grande en tecnología y/o equipo como se muestra en la siguiente figura:



Kaizen, La clave de la ventaja competitiva Japonesa, Imai Masaaki

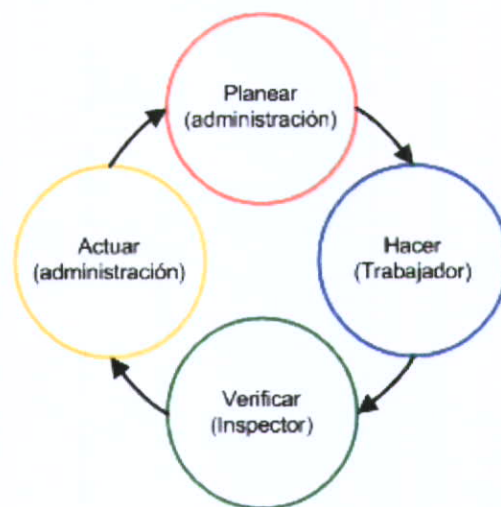
El punto de partida para el mejoramiento de reconocer la necesidad o la existencia de un problema y el empleo herramientas para la identificación de los mismos.

Kaizen tiene como base el control total de calidad, a diferencia que en occidente no se piensa que sea sólo un trabajo para los ingenieros sino se maneja por todos los empleados de la empresa. Es un sistema que para lograr la calidad de sus productos busca primero la calidad en su personal. Y construir la calidad en las personas significa ayudarlas a ser conscientes de Kaizen. Dentro de Kaizen es muy importante hablar con datos, que la calidad sea lo primero antes que las utilidades,

administrar el proceso, considerar el siguiente proceso que es el cliente y que se tienen que enfocar los esfuerzos para su satisfacción.

4.1.1 Ciclo PHVA

E. Deming introdujo el "ciclo Deming", una de las herramientas vitales del control de calidad para asegurar el mejoramiento continuo. El ciclo Deming también es llamado la rueda Deming o ciclo PHVA como la siguiente figura:



Kaizen, La clave de la ventaja competitiva Japonesa, Imai Masaaki

Deming subrayó la importancia de una constante interacción entre investigación, diseño, producción y ventas para que la compañía alcance una mejor calidad que satisficiera a los clientes. Deben recorrerse estas cuatro etapas constantemente, con la calidad como máximo criterio. Después este concepto debe hacer girar siempre la rueda para lo mejor y se extendió a todas las fases de la administración, siempre tomando en cuenta al factor humano como el creador del valor agregado y de la calidad.

4.1.1.1 Diseño → Planear

El diseño del producto corresponde a la fase administrativa de la planificación. Establecer planes para el propósito del negocio o del grupo. Cuando se tiene un proyecto o un problema que deba resolverse, el grupo de trabajo diseña un plan de operaciones o un plan de solución.

4.1.1.2 Producción → Hacer

Se ejecuta el plan o la producción corresponde a hacer, fabricar o trabajar el producto que fue diseñado.

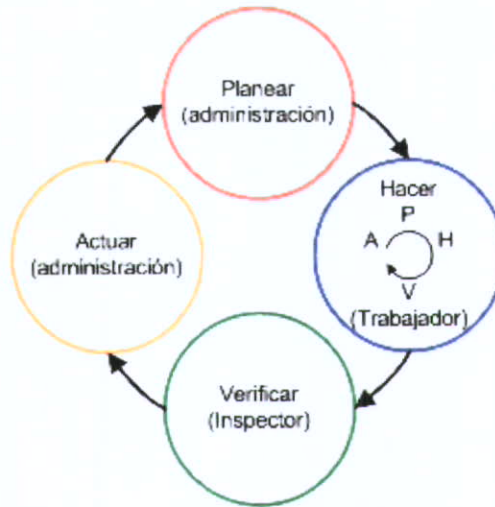
4.1.1.3 Ventas → Verificar

Las cifras de ventas confirman si el cliente está satisfecho. El grupo verifica los resultados que concuerden con lo planeado.

4.1.1.4 Investigación → Actuar

Por último, se actúa para corregir o eliminar los problemas encontrados en la fase de verificación. También se pueden tomar decisiones respecto a un plan futuro. En el caso de que se presente una reclamación tiene que ser incorporada a la fase de planificación y a pasos positivos (actuar) para la siguiente ronda de esfuerzos. La ejecución aquí se refiere a la acción para el mejoramiento.

Después se encontró que las acciones correctivas posteriores del ciclo no bastaban. Como resultado surgió un nuevo concepto de ciclo como se muestra a continuación:



Kaizen, La clave de la ventaja competitiva Japonesa, Imai Masaaki

En este nuevo concepto planear significa hacer planes de los mejoramientos en las prácticas actuales usando herramientas estadísticas (como las siete herramientas), hacer es la aplicación del plan, revisar significa si se ha logrado la mejoría deseada y actuar significa prevenir la recurrencia. Dentro de hacer cada trabajador realiza un PHVA para cada lugar de trabajo, enriqueciendo el PHVA global de la compañía.

4.1.2 Implicaciones del CC y CTC para Kaizen

El control de calidad, el control estadístico de calidad, círculos de calidad y control total de calidad tienen una fuerte relación con Kaizen, ya que la calidad siempre se puede mejorar y esto se puede llevar a cabo mediante los círculos de calidad, que son grupos pequeños formados por voluntarios en actividades de control de calidad dentro del taller, el grupo al continuar su trabajo como programa de toda la compañía de control de calidad, auto desarrollo, de educación mutua, de control de flujo y mejoramiento del taller que abarca toda la organización, pero éstos son tan sólo una parte del programa de control total de calidad. Las áreas en las que se enfoca en estos son costos de seguridad, productividad y mejoramiento en el taller. Para el control total de calidad es muy importante la calidad de las personas, construir la

calidad de las personas significa ayudarlas a llegar a ser conscientes de Kaizen, ayudarle a la gente a identificar problemas, entrenamiento y capacitación. Dentro del sistema es importante hablar con datos, considerar que primero es la calidad y no las utilidades, administrar el proceso anterior, considerar el siguiente paso del proceso es nuestro cliente, enfoque en el cliente y no en el fabricante, administración transversal, son uno de los principios en las que se basa el Kaizen.

4.1.3 Kaizen y el sistema de sugerencias

Dentro de la administración se hace un esfuerzo para involucrar a los empleados en Kaizen a través de las sugerencias. En esta forma, el sistema sugerencias es una parte integral del sistema de administración establecida y el número de sugerencias de los trabajadores se considera como un criterio de importancia al revisar el desempeño del supervisor de estos trabajadores. Se espera que el gerente ayude a los supervisores y éstos a su vez ayuden a los trabajadores a generar más sugerencias. En su mayoría las empresas japonesas, van de la mano el sistema de sugerencias y los círculos de control de calidad. Un aspecto importante del sistema de sugerencias es que cada una, conduce a la revisión de un estándar para después ser implementada.

4.1.4 La práctica de Kaizen

Se ha explicado el sistema que emplea Kaizen para el mejoramiento, en la práctica es necesario tener bien definida la planificación y puede dividirse en tres elementos como son: Kaizen orientado a la administración, Kaizen orientado a grupos y por último Kaizen orientado al individuo (en cada una se emplean diferentes herramientas para el seguimiento de Kaizen).

La administración hace mucho énfasis en las instalaciones, como lo es en su mejoramiento como su mantenimiento (5s), manufactura justo a tiempo y el mejoramiento de los sistemas.

Kaizen orientado al grupo está representado por círculos de calidad y sus funciones son llevar el ciclo PHVA. Por otro lado están los grupos pequeños que son voluntarios, informales y organizados para ejecutar tareas específicas en el taller como pueden ser movimientos de cero defectos, grupos de sugerencias, comités de productividad, seguridad, administración por objetivos y pláticas de taller.

El tercer nivel que es el individuo se refiere a todas aquellas actividades que están directamente relacionadas al área de trabajo y de sentido común: en el trabajo propio (taller u oficina), energía, recurso, máquinas, procesos, herramientas, entre otros.

4.2 ¿Porqué Seis Sigma?

Para Motorola, el creador de Seis Sigma la respuesta es simple: supervivencia. Motorola cambió a Seis Sigma porque constantemente le estaba ganando terreno compañías extranjeras que podían producir productos de alta calidad a bajo costo. Cuando una compañía japonesa tomó a Motorola para que le manufacturan televisores en los Estados Unidos en los años 70s pronto se percataron de realizar cambios drásticos en la forma que la fábrica operaba. Bajo la administración japonesa la fábrica pronto como comenzó a fabricar televisiones con 1/20 el número de defectos con los que se producían bajo la administración Motorola. Ellos lograron esto usando la misma fuerza de trabajo, tecnología y diseños haciendo evidente que el problema era la administración Motorola y eventualmente cuando los propios ejecutivos tuvieron que admitir “nuestra calidad apesta”.¹

Finalmente a mediados de los 80s Motorola decidió tomar la calidad muy en serio. Y el jefe ejecutivo en ese tiempo, Bob Galvin comenzó una campaña hacia la calidad conocida como Seis Sigma o a convertirse en un icono como resultado del

¹ Cfr. Harry Mikel, Six Sigma, *The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing The World's Top Corporations*, p. 9

cumplimiento de la calidad en Motorola. Hoy Motorola es conocido mundialmente como líder de calidad y rentabilidad.

Después Motorola ganó el premio nacional de calidad de los Estados Unidos en 1988 y el secreto de su éxito se dio a conocer públicamente, y hoy está más candente que nunca.

Sería un error pensar en Seis Sigma en un sentido convencional. Aquí la calidad se puede definir tradicionalmente como cumplimiento de las especificaciones internas y en esto tiene poco que hacer Seis Sigma. Seis Sigma es ayudar a la organización a hacer dinero por lo que se requiere un nuevo vínculo de este objetivo con lo que la calidad requiere una nueva definición. Para Seis Sigma se define calidad como todo valor agregado por un esfuerzo productivo. La calidad viene en dos sabores: la calidad potencial y la calidad real. El potencial de calidad es el máximo valor agregado conocido por cada unidad de entrada. La diferencia entre potencial y real es el desperdicio, por lo que se debe enfocar en una mejora de la calidad (por ejemplo reducción del desperdicio) ayudando a las organizaciones para producir bienes y servicios mejores, más rápido y a un menor costo. En términos más tradicionales Seis Sigma se enfoca en la prevención de defectos, reducción del tiempo de ciclo y ahorro de costos. No se trata de reducir costos mediante la reducción del valor agregado o la calidad, Seis Sigma identifica y elimina costos que no agregan valor para los clientes. Para las compañías que no cuentan con Seis Sigma estos costos son a menudo extremadamente altos. Compañías que operan a niveles de tres o cuatro Sigma típicamente invierten entre 25 y 40% de sus ingresos arreglando problemas, este es conocido como el costo de la calidad o más exactamente los costos de una pobre calidad. Compañía que operan a niveles de Seis Sigma típicamente invierte en menos del 5% de sus ingresos reparando estos problemas. El monto del costo de esta brecha puede ser enorme: General Electric estima que la brecha entre tres o cuatro Sigma y Seis Sigma es un costo de entre los \$8 billones y los \$12 billones de dólares por año.

4.2.1 ¿Qué es Seis Sigma?

Seis Sigma es un riguroso, enfoque y un sistema altamente efectivo, probado, y es un conjunto de técnicas y principios de calidad. Incorporando elementos del trabajo de muchos pioneros de calidad, Seis Sigma ayuda virtualmente estar libre de errores en el desempeño del nuevo sistema. Sigma, σ , es una letra del alfabeto griego o usada en estadística para medir la variabilidad en el proceso. El desempeño de la compañía es medida por el nivel de Sigma de los procesos del negocio. Tradicionalmente las compañías aceptan un nivel de tres o cuatro Sigma como norma, a pesar del hecho crean entre 62000 y 67000 problemas por millón oportunidades. Seis Sigma estándar de 3.4 problemas por millón de oportunidades es una respuesta al incremento de expectativas y clientes y el incremento de la complejidad de los productos modernos y de los procesos.

Si se está buscando nuevas técnicas, la magia de Seis Sigma no es en estadística una alta tecnología con resultados instantáneos. Seis Sigma depende o trata métodos confiables de décadas, de hecho, ésta descarga mucho de su complejidad que caracteriza a la administración para la calidad total (TQM por sus siglas en inglés). Un experto puede contar con más de 400 herramientas y técnicas de TQM. Seis Sigma toma las herramientas y métodos más manejables y a un pequeño grupo de líderes técnicos conocidos como Black Belts (Cintas negra) a otro nivel de competitividad en la aplicación de estas técnicas. Para estar seguros algunos de estos métodos usados por los Black Belts son altamente avanzados, incluyendo alta tecnología de sistemas computacionales.

4.2.1.1 Modelo DMAIC

Similar al ciclo Deming, Seis Sigma aplica las herramientas en un simple modelo conocido como **DMAIC** o Define-Measure-Analyze-Improve-Control (definir- medir- analizar- mejorar-controlar). A continuación se detallan sus fases.



4.2.1.2 Definir

En esta etapa se definen las metas para la mejora, en el nivel máximo las metas serán objetivos estratégicos de la organización, tal como el retorno de la inversión o la sección de mercado. A nivel operaciones la meta tiene que ser un incremento a través del departamento de producción. En el nivel de proyecto las metas tienen que ser reducir el nivel de defectos en incrementar el throughput (o el ritmo de generación de dinero a través del proceso). Aplicando métodos para el análisis de datos para identificar oportunidades potenciales para mejorar.

4.2.1.3 Medir

Es medir el sistema actual estableciendo métricos válidos y confiables para ayudar al monitoreo del progreso hacia las metas definidas en el paso anterior. Siendo determinados por la línea actual. Usa métodos exploratorios y descriptivos del análisis de datos, y esto nos ayuda a entenderlos.

4.2.1.4 Analizar

Es identificar formas para eliminar la brecha entre el desempeño actual del sistema o proceso y la meta deseada aplicando herramientas estadísticas que nos guíen el análisis.

4.2.1.5 Mejorar

En esta etapa se busca mejorar el sistema siendo creativos en encontrar nuevas formas de hacer mejor las cosas, más baratas o más rápido. Usar administración de proyectos y otras herramientas de planeación y administración para implementar los nuevos métodos. Usar métodos estadísticos para validar la mejora.

4.2.1.6 Control

Se busca controlar en esta etapa el nuevo sistema, institucionalizando el sistema mejorado modificando sistemas de compensación en incentivos, políticas, procedimientos, MRP (planeación de requerimientos de materiales), presupuestos y otros sistemas administrativos.

4.2.2 Infraestructura

Una parte muy poderosa de Seis Sigma es la creación de una infraestructura que asegure el desempeño de las actividades de mejora teniendo los recursos necesarios. Por esta razón se cree que el 80% de los proyectos de TQM han fallado en el pasado debido a la carencia de esta infraestructura. Seis Sigma realiza mejoras y cambios con poco personal de tiempo completo. Y estos agentes de cambio de tiempo completo son el catalizador que institucionaliza el cambio.

4.2.2.1 Liderazgo

Seis Sigma envuelve cambios mayores de las cadenas de valor del negocio que eliminan las barreras organizacionales. Esto significa un medio por el cual la organización tiene que cumplir sus metas. Este esfuerzo tiene que ser liderado por el Director, quien es el responsable del desempeño de la organización como un todo. Seis Sigma debe ser implementado de arriba abajo.

4.2.2.2 Campeones y responsables

Los campeones en Seis Sigma son individuos de alto nivel quienes entienden el sistema y están convencidos del éxito que se puede lograr. En grandes

organizaciones los campeones encabezan el movimiento de tiempo completo, y son personas de un alto nivel tal como es el vicepresidente ejecutivo. En todas las organizaciones los campeones incluyen líderes informales quienes usan Seis Sigma en su trabajo diario y comunicar el mensaje en cualquier oportunidad y los responsables son dueños de procesos y sistemas que ayudan a iniciar y coordinar actividades de mejora en sus áreas de responsabilidad.

4.2.2.3 Master cinta negra

Este es el más alto nivel técnico de la organización. Master cintas negra proveen liderazgo técnico en el programa de Seis Sigma. De esta forma ellos tienen que conocer teoría matemática basada en los métodos estadísticos, además tienen que estar dispuestos a ayudar a los cintas negras en la aplicación de los métodos correctamente en situaciones inusuales. Cuando sea posible tienen que dar entrenamiento estadístico. De otra forma el fenómeno familiar conocido como “propagación del error”, se puede transmitir a los cintas verdes que puedan acrecentar los errores de los miembros del equipo. De ser necesario para las cintas negras y las cintas verdes se les tiene que proveer de entrenamiento, y sólo se puede tener bajo la guía de los master cintas negra. Por ejemplo los cintas negras tienen que pedir ayuda a los demás durante las clases y ejercicios de discusión, porque la naturaleza de las responsabilidades de los master, los obliga a la comunicación y enseñanza de actividades que son tan importantes como la competencia técnica.

4.2.2.4 Cintas negras

Candidatos para Cintas negra son personas técnicamente tomados en serio por sus colaboradores. Ellos tienen que estar envueltos en el proceso organizacional del cambio y desarrollo. Los candidatos deben provenir de un amplio rango de disciplinas y no necesitan tener formación en estadística o ser ingenieros porque ellos tienen que esperar la capacitación de los Master cinta negra en una amplia variedad de herramientas. Los candidatos a cintas negras tienen que tener un nivel

universitario en las áreas matemáticas y conocimientos en herramientas básicas de análisis cuantitativo. Además un amplio conocimiento en métodos estadísticos deben ser fuertemente considerados como requisito. Como parte de entrenamiento se debe recibir aproximadamente 160 horas de instrucción, además de entrenamiento de proyecto a proyecto por Master cintas negras o consultores.

Candidatos exitosos deben ser diestros con las computadoras, y al menos entender uno o más sistemas operativos, hojas de cálculo, administración de bases de datos, procesadores de texto y programas de presentaciones. Como parte de su entrenamiento tendrán que aprender a manejar programas avanzados en análisis estadístico. Para asegurar el acceso a la información las actividades Seis Sigma tienen que estar integradas con información de sistemas de la organización. Obviamente las habilidades de entrenamiento de los cintas negras tienen que estar dispuesto por inversión en software y hardware. Esto no exime al ahorro de dinero en software y hardware.

4.2.2.5 Cintas verdes

Cintas verdes son líderes del proyecto capaces de formar y facilitar los equipos de Seis Sigma y administrar proyectos desde el concepto hasta la culminación. El entrenamiento de los cintas verdes consiste en cinco días dentro del aula y es conducido en conjunto con proyectos de Seis Sigma. El entrenamiento cubre administración de proyectos, administración de herramientas de calidad, herramientas de control de calidad, solución de problemas y análisis descriptivo de datos. Los cintas verdes definen sus proyectos antes del entrenamiento.

4.2.2.6 Niveles de Staff y beneficios esperados

Como se ha mencionado el número de personal de tiempo completo asignado a Seis Sigma es pequeño, pero empresas como Motorola, General Electric, Johnson & Johnson, Allied Signal y otros promedian cerca del 1% de su fuerza de trabajo como cintas negras. Hay, usualmente, cerca de un master cinta negra por cada diez cintas

negras o un master cinta negra por cada 1000 empleados. Un cinta negra típicamente completa entre cinco a siete proyectos por año. Los proyectos de los equipos son encabezados por los cintas verdes quienes no necesariamente, como los cintas negras y los master cintas negras, son empleados de tiempo completo para los programas Seis Sigma. Los cintas negras son empleados altamente apreciados y son comúnmente elementos clave en la compañía. Después de que Seis Sigma ha sido implementado por tres o más años, el número de candidatos a cintas negras tiende a alcanzar el número de los existentes.

Los ahorros estimados por proyecto varían de organización a organización². Pero los recortes pueden oscilar en promedio de entre \$150,000.00 USD y \$250,000.00 USD. Pero éstos no necesariamente tienen que ser mega proyectos como lo serían con una reingeniería. Aun completando entre cinco y siete proyectos por año la compañía puede exceder del millón de dólares por año. En una compañía con 1000 empleados los números se verían de esta forma:

1 Master cinta negra

10 cintas negras

Proyectos: 50 a 70 (5 a 7 por cinta negra)

Ahorros estimados: \$9 millones a \$15 millones de dólares (\$14,500 dólares por empleado)

4.3 Implementación de Seis Sigma

Después de dos décadas de experiencia mejorando la calidad, hay ahora un cuerpo sólido de investigación científica de muchas compañías implementando estos programas. Los investigadores han encontrado un exitoso despliegue de Seis Sigma que se enfoca en un pequeño número altamente desarrollado de artículos (The Six Sigma Revolution, Pyzdek Thomas, E.E.U.U. 2000). Los pasos requeridos para una implementación exitosa tienen que estar bien documentados.

² Pyzdek Thomas, *The Six Sigma Revolution*, p. 2

1. El desempeño exitoso de la mejora debe comenzar por un líder. Éste debe iniciar entrenando los principios y herramientas que se van a necesitar para el éxito. Usando el nuevo conocimiento adquirido los líderes directamente desarrollarán una infraestructura administrativa que apoye a Seis Sigma. Simultáneamente los pasos deben tomar hacia un ligero “conecte” de la organización y cultivar un ambiente de innovación y creatividad. Esto envuelve una reducción de los niveles organizacionales, removiendo las barreras y generando cambio para hacer más fácil de lograr la implementación, sin miedo o represalias.
2. Los sistemas se deben desarrollar estableciendo una cercana comunicación con los clientes, los empleados y los proveedores. Esto incluye el desarrollo de rigurosos métodos de la obtención y evaluación del cliente, empleado y proveedor. La línea base de estudio está conducida a determinar el punto de comienzo, identificando la cultura, las políticas y procedimientos que entorpezcan el éxito.
3. El entrenamiento debe ser altamente considerado. Remediando las habilidades básicas para proveer y asegurar un adecuado nivel de lectura y habilidad numérica por los empleados. La educación debe fluir de arriba a abajo y de conducir a sistemas mejorados, herramientas, técnicas y filosofías.
4. Una estructura para el proceso de mejora continúa desarrollado con sistemas de indicadores para monitorear el progreso y el éxito. Las mediciones se enfocan en las metas de la organización y dirigen el negocio.
5. El proceso para ser mejorado es seleccionado por la administración y con gente de amplio conocimiento a todos los niveles de la organización. Los proyectos de Seis Sigma son conducidos para mejorar el desempeño del negocio relacionado con el aspecto financiero. Esto requiere del conocimiento de las restricciones con las que se enfrenta la organización.

6. Los proyectos Seis Sigma son conducidos por empleados y equipos liderados por cintas verdes y asistidos por cintas negras.

A pesar de que el mecanismo es simple, no significa que sea fácil, pero se puede justificar el esfuerzo. Se tiene conocimiento que las compañías que cuentan con Seis Sigma implementado funcionan mejor, no sólo en la reducción de desperdicios sino en todos los aspectos del negocio: retorno de la inversión, ventas, crecimiento de los empleados, etc.

4.4 El camino a seguir

Como vimos, ambas metodologías inician estableciendo planes de la organización y estableciendo metas y objetivos que se deben cumplir por parte de la administración en cuanto a los proyectos de mejora. Dentro de esta etapa en el ciclo PHVA, también se engloban la descripción del proyecto, análisis de las causas y establecimiento de las contramedidas para la solución del problema. A continuación en Kaizen se ejecutan estas propuestas que posteriormente se verifica si se está o no cumpliendo con lo planeado y por último se busca mantener los estándares para después definir otros proyectos. Para cada etapa y en cada proyecto se puede tomar cualquier herramienta para el cumplimiento de la misma. Por otro lado en Seis Sigma existen en cada una de las etapas herramientas más específicas y un camino más definido a diferencia de Kaizen que en la etapa de planeación engloba más actividades. Seis Sigma emplea en dos diferentes etapas más, los aspectos de medición y análisis. Una etapa más: la de mejorar, que es donde se hacen las propuestas de mejora y el establecimiento de nuevos métodos. Por último, en la etapa de controlar, se busca ver el desempeño del sistema una vez implementadas las medidas correctivas establecidas en la etapa anterior para mantener los nuevos estándares. Es por eso que he elegido el modelo DMAIC en lugar del ciclo PHVA porque es un proceso con el que me siento más cómodo usándolo. Por otro lado dentro de Kaizen, para lograr llevar a cabo el ciclo, es necesario capacitar a la gente y contar con círculos de

calidad o grupos pequeños ya con el sistema corriendo, algo que me llevaría más tiempo y sería tema de otra tesis, la implementación de Kaizen dentro de la empresa. Para llevar a cabo el modelo DMAIC en la resolución de problemas es necesario contar con un líder de proyecto con conocimientos en estadística y formar un equipo de mejora, en este caso específico yo fungiría como cinta verde para mejorar el problema del desperdicio en la fábrica de bolsas de plástico. No pretendo implementar Seis Sigma de la compañía sólo seguir el ciclo DMAIC por las mismas razones que se explicaron para Kaizen.

5. Diseño de instrumentos

Una de las bases de los sistemas de calidad es la documentación y los registros de la información que se genera en cada lugar de trabajo. En este sentido se verificarán los formatos existentes y de ser necesario se mejorarán para la recolección de datos y se diseñará una base de datos que permita el manejo de información de control de calidad, para el proyecto de mejora y en base al análisis de esta información hacer una buena toma de decisiones y resolver los problemas de desperdicio.

6. Alcance

Algunas empresas buscan mejorar pero no llevan una metodología que les permita resolver o mejorar la calidad de los productos, se manejan sin planes estratégicos, sin considerar los problemas culturales, llevando con esto al fracaso de la compañía.

En la presente tesis se busca diseñar un sistema de medición y mejora de la calidad del producto a través de los pasos de Seis Sigma en una empresa fabricante de bolsas de plástico, desde la etapa de Planeación, definiendo las metas del proyecto, los elementos y datos a considerar para su medición adecuada, el análisis de la situación actual de la empresa en base a la información obtenida y llegando tan sólo hasta las propuestas de mejora. Todo esto apoyándose con algunas herramientas de Kaizen como elemento de cambio cultural en la empresa.

En el proyecto no se contempla la implementación completa del Sistema de Seis Sigma o de Kaizen, ya que se salen del alcance de la presente Tesis, en esta sólo busco seguir el ciclo DMAIC.

7. Antecedentes de la compañía

La compañía por cuestiones de confidencialidad se le llamará *Plastics Inc.*, inicia primero bajo el régimen de persona física y colaborando tan sólo con él su esposa y dos empleados, los trabajos dieron inicio en un pequeño taller en la Colonia Lomas del Paradero, en Guadalajara, Jalisco en 1979. La empresa comenzó con la fabricación de bolsas de polietileno, alcanzando una producción mensual de 5 toneladas. En esa época casi todos los procesos se hacían manualmente, por lo que propio dueño inicio a diseñar y construir sus propios equipos, llegando a tener un total de 8 extrusores, una impresora y seis bolseadoras.

Para 1981 tuvo un crecimiento tal que fue necesario cambiarse de instalaciones a la Colonia Oblatos en la calle No. X y el personal creció a ocho personas y una producción de 60 toneladas aproximadamente.

La empresa se funda con el nombre que actualmente tiene en 1985, con aportaciones de varios socios e importando equipo moderno de Estados Unidos, España y Taiwán. Durante este periodo siguen trabajando las dos razones sociales. Se amplían sus instalaciones con la compra de la propiedad posterior, y ya para el año de 1989 cuenta con un total de 6 extrusores, 2 impresoras y 13 bolseadoras, 25 empleados que generan 120 toneladas, destacando la producción de bolsa en rollo y bolsa impresa.

En 1996 la empresa recibe un reconocimiento por parte de FMC, empresa norteamericana líder en la fabricación de maquinaria para la industria de plástico, quienes agradecieron la participación de la empresa en el diseño y fabricación de una bolseadora FMC 1400.

En 1998 se coloca como una de las empresas en el ramo más importantes en la producción de bolsa de polietileno para empaques flexibles transparentes e impresos, contando con una plantilla de 70 empleados y un total de 12 extrusores, 8 impresoras y 17 bolseadoras, alcanzando una producción de 200 toneladas

mensuales, se cuentan entre sus principales clientes, unos Laboratorios importantes a nivel nacional, una tienda de supermercado, una empresa líder en la venta de Hielo, entre otros.

7.1 Visión

Alcanzar la calidad, la productividad y servicio que requieren los clientes en todos los productos que fabricamos a través de personal altamente calificado y de una tecnología de punta, que permita posicionarlos en el mercado nacional, para luego poder exportar el cincuenta por ciento de nuestra producción.

7.2 Misión

Fabricar productos de polietileno para empaques flexibles que cumplan con los estándares de calidad establecidos, buscando liderazgo en el mercado nacional y en el extranjero, obteniendo con ello los mayores beneficios para nuestros clientes, accionistas y colaboradores.

7.3 Política de calidad

Trabajar con calidad, productividad y servicios necesarios, para obtener el aprovechamiento de los recursos, la entrega oportuna y como resultado la total satisfacción de nuestros clientes.

7.4 Valores

- Nuestra gente
- Honestidad y lealtad
- Compañerismo
- Mejora continua
- Apego a las Leyes
- Respeto al medio ambiente.

8. Capítulo 1: Definición del problema

En esta fase del ciclo DMAIC se definirá el proyecto, sus propósitos y el alcance basados en la experiencia y observación de la empresa, las metas y sus necesidades críticas. Estableciéndose también un mapa del proceso, entendiendo primero las necesidades del cliente y transformándolas en especificaciones después.

Enfatizar la calidad puede ser un apoyo que ayuda a identificar y eliminar las causas de errores y el retrabajo, reduciendo costos y logrando que haya más unidades de productos disponibles para cumplir con las fechas de entrega. Por otro lado un esfuerzo mal dirigido por alcanzar la calidad puede ser causa de problemas tanto con los costos como de la programación, al diseñar características innecesarias para un producto, al especificar tolerancias irreales y al permitir el perfeccionismo en la inspección.

8.1 Costos de fallas internas

Actualmente se percibe en la empresa costos asociados con defectos (errores, no conformidad, etc.) que se encuentran antes de transferir el producto al cliente y que actualmente no están cuantificados, no se miden y mucho menos se conocen las causas que los generan. Los costos que desaparecerían si no existieran los defectos en el producto antes de la entrega son:

- Desperdicio que puede ser de mano de obra, materiales y casi siempre costos generales de los productos defectuosos que no es económico reparar. En *Plastics Inc.* todo esto lo llaman *desperdicio*, aquí yo lo llamaré *scrap* para diferenciarlo de los otros tipos de desperdicio conocidos en el sistema Toyota (sobreproducción, tiempo dedicado a la máquina, transporte, de proceso o actividades que no agregan valor, inventario, movimientos y espera).
- Retrabajo es el costo de corregir los defectos a hacer que satisfagan las especificaciones

- Análisis de fallas son los costos de analizar los productos no conformantes para determinar las causas, pero que en la empresa actualmente no se llevan a cabo, sólo en un reducido número de artículos
- Reinspección debido a que los productos fueron retocados, reparados o retrabajados y es necesario saber si después de esto cumplen o no las especificaciones

8.2 Costos de fallas externas

Son los costos que están asociados con defectos que se encuentran después de mandar el producto al cliente. Estos costos también desaparecerían si no hubiera defectos, estos son:

- Conciliación de quejas: costos de investigación y conciliación de quejas justificadas atribuibles a un producto.
- Ventas perdidas por no cumplir con especificaciones (en la presente tesis no se detallarán debido a su alcance)
- Material regresado: costos asociados con la recepción y reemplazo de productos defectuosos recibidos del cliente.
- Concesiones: costos de concesiones hechas a los clientes cuando aceptan productos como están, abajo de los estándares o productos conformantes que no cumplen las especificaciones de adecuación para el uso. Pero que por razones de tiempo de entrega los reciben, y que a largo plazo no serán capaces de seguir aceptando.

En el lugar de trabajo o *gemba*³ es donde cada uno de los operadores (extrusores, impresores, bolseadores, etc) realiza el trabajo que realmente agrega valor, por lo tanto la administración debe proporcionar los medios para que los trabajadores

³ Imai Masaaki, *Como implementar Kaizen en el sitio de trabajo (Gemba)*, p. 11

logren ejecutar sus trabajos con calidad, eliminando o reduciendo los costos que atrás se enumeraron para ser productivos y así cumplir con los requerimientos del cliente. Por lo que la gerencia debe buscar tener las mejores condiciones de operación.

Por otra parte la administración debe mejorar la productividad mediante la eliminación del desperdicio. La implementación de las 5S se ha hecho indispensable en cualquier empresa y sirve como plataforma de cambio cultural hacia la calidad. La falta de alguna de estas "S", puede generar en la empresa desperdicios, baja moral en los empleados, mala calidad, altos costos y una incapacidad a cumplir los plazos de entrega. Las compañías que no practican las 5S difícilmente podrán ser reconocidas como fabricantes responsables.

Las 5S son el punto de partida para lograr estos objetivos. Para lograr la eliminación del *Muda* o desperdicio⁴, que es toda aquella actividad que no agrega valor al producto, considerando ésta como un cambio físico, químico o biológico que incida directamente sobre el producto. La eliminación de *muda* y el buen *housekeeping* van de la mano para la mejora continua. Una compañía que ha reducido su desperdicio es ordenada y muestran un alto nivel de las 5S. Las 5s elevan la moral del personal, fomentan la disciplina y traen como consecuencia un cambio en la cultura organizacional.

Hablar de calidad no sólo implica las características del producto sino que tenemos que referirnos al costo y al tiempo de entrega, ya que por ejemplo no tiene sentido para el cliente comprar productos que carecen de calidad, sin importar su precio; o comprar buena calidad y precio atractivo si los productos no pueden entregarse a tiempo para satisfacer las necesidades del cliente y en las cantidades necesarias. Los clientes son cada vez más exigentes, buscan una mejor calidad a un menor

⁴ Ibidem: p. 19

precio junto con una entrega puntual. En la fábrica de bolsas de plástico además de problemas de altos costos de producción debido al *scrap* (*desperdicio*), hay otro tal como el retraso en las entregas debido a problemas de disponibilidad del equipo, pero actualmente no se conocen las causas de todo esto.

La calidad no sólo se debe dar en el resultado final o producto, sino que parte de un proceso de calidad y si se tiene un proceso de calidad es posible lograr resultados de calidad. Para ello es necesario enfocarse en actividades que nos conduzcan a la reducción del *muda* a través de una reducción de costos por medio de las siguientes actividades:

1. Mejorar la calidad o eliminado el producto no conforme (reducir el *scrap*)
2. Mejorar la productividad
3. Reducir el inventario
4. Acortar la línea de producción
5. Reducir el tiempo ocioso de la maquinaria
6. Reducir el espacio
7. Reducir el tiempo total de ciclo

De los anteriores nos enfocaremos en cómo mejorar la calidad y la reducción del desperdicio así como reducir el tiempo ocioso de la maquinaria, que son los puntos críticos dentro de la empresa bajo estudio y que se relacionan directamente con la calidad, y que actualmente la administración está muy preocupada por ellos y representan una amenaza para la supervivencia de la misma.

8.3 Mejorar la calidad

Buscar mejorar la calidad del proceso da como resultado una menor cantidad de errores, de productos defectuosos y repetición del trabajo, lo que se traduce en un mejor rendimiento del sistema. Para ello es necesario medir el desempeño actual de la empresa y determinar las principales causas de rechazo de producto para evitar

producto defectuoso. Una mejora de la calidad reduce los costos, ya que ambos van de la mano. Una certeza en la calidad del producto nos ayuda a entregas a tiempo, reducción de *scrap*, repetición de trabajo y aprovechamiento de los recursos.

8.4 Reducción del tiempo ocioso de la maquinaria

El otro aspecto importante que se tiene en consideración en esta tesis es la reducción del tiempo ocioso de la maquinaria, primero implementando su monitoreo mediante la medición de la efectividad general del equipo. Una máquina que opera en mal estado genera producto defectuoso, genera más inventario de lo necesario y esfuerzos por cumplir con las fechas de entrega, además de altos costos de operación y mantenimiento correctivo.

8.5 Medir

Por lo tanto para poder mejorar, en primer lugar es necesario ver el desempeño actual, si éste está operando de forma normal o existe alguna desviación de lo especificado. En segundo lugar, ya que se han implementado las correctas mediciones es posible ver el estado actual del sistema para posteriormente poderlo comparar con las mejoras. Actualmente no se están realizando las mediciones y menos los registros. Para todo esto se deberá llevar un registro en cada estación de trabajo y destacar los problemas, haciéndolos visibles mediante las mediciones. Las mediciones nos permiten ver en números lo que está pasando en realidad en el sitio de trabajo, para que en caso de que se presenten anomalías en el proceso, tomar acciones necesarias de inmediato. Las mediciones nos permiten por lo tanto tener el proceso bajo control y reaccionar oportunamente ante anomalías. La información que se persigue es cuánto producto por día, semana o mes se está desperdiciando y sus causas (Cifras por paros de maquinaria y el OEE).

Es en base a lo anterior que elegí el título de la presente tesis:

“Diseño de un sistema de medición y mejora de la calidad del producto para incrementar la productividad en una empresa fabricante de bolsas de plástico.”

8.6 Metas del proyecto

La meta principal es la implementación del sistema de mediciones y su correcta aplicación en la empresa *Plastics Inc.*. Otras metas o resultados esperados no se pueden estimar por ahora, ya que el sistema actual no es confiable en sus mediciones o no se tienen simplemente.

Con las *mediciones* actuales el scrap oscila entre el 15% y hasta un 30% en ocasiones, el OEE de la maquinaria no se tiene cuantificado pero existen constantes paros en la maquinaria.

Los beneficios que traerá el proyecto son primeramente el diseño del sistema de mediciones: encontrar el nivel de scrap y sus causas, determinar el OEE y el nivel sigma de la compañía. Enseguida con la información que arroje se mejorará la calidad y a sus vez el estado financiero actual, además de un mejor servicio al cliente (nota aclarando que esta parte no es parte del alcance, es consecuencia).

Todo esto se llevará a cabo mediante el siguiente programa:

ID	Nombre de tarea	Feb 2004				Mar 2004				Abr 2004				Mayo 2004			
		1/2	8/2	15/2	22/2	29/2	7/3	14/3	21/3	28/3	4/4	11/4	18/4	25/4	2/5	9/5	16/5
1	Definir	■															
2	Medir situación actual					■											
3	Capacitación de personal									■							
4	Procesamiento y Análisis													■			
5	Mejoramiento (Propuestas)													■			

8.7 Los “jugadores”

El equipo de mejora será integrado para llevar a cabo el modelo DMAIC en la resolución del proyecto mencionado por un líder de proyecto con conocimientos en estadística y formar un equipo de mejora. En este caso específico yo fungiría como cinta verde como apoyo en la implantación de las mejoras al problema del desperdicio en la fábrica de bolsas de plástico. El Gerente de producción, una inspectora de calidad, los supervisores y algunos operarios claves serán mis colaboradores.

8.8 Entradas, Proceso, Salidas, Clientes (SIPOC)

Es muy importante delimitar el área del problema y realizar un mapa general del proceso, esto nos permitirá ubicarnos y entender:

El alcance del proyecto

¿Cuál es el propósito del proceso?

¿Cuáles son sus salidas?

¿Quiénes son los usuarios del producto?

¿De dónde viene el material y cuál o cuáles son éstos?

Aquí podemos responder a las preguntas:

Suppliers (Proveedores)	Inputs (Entradas)	Process (Proceso)	Outputs (Salidas)	Customers (Clientes)
Resinas Tintas Solventes	Pellet de polietileno Aditivos Tintas Grabados Solventes	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Extrusión</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Bolseo</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Imposición</div>	Bolsas de polietileno En rollo o sueltas	Cliente del Hielo Lechuguillas Laboratorios Zanahorias

Aquí observamos nuestros proveedores y que materiales que entran al sistema (pellet de polietileno, aditivo, tintas, grabados y solventes) que serán procesados para la elaboración de fuerzas de plástico.

El proceso (el área en color negro) es donde se enfocarán las mediciones, ya que es ahí donde se genera la calidad del producto (bolsas de plástico) y es más importante enfocarnos en el proceso que tan sólo en los resultados, ya que un control en los procesos nos hará como consecuencia un buen resultado. El área gris representa nuestras salidas o productos, que en este caso son bolsas de polietileno. Y por último, lo más importante los clientes, que por cuestiones de confidencialidad sólo se muestran el ramo industrial al cual pertenecen.

8.9 La voz del cliente (VOC)

Una vez definida el área de nuestro proyecto y conociendo nuestros clientes, para poder establecer las especificaciones es necesario, ahora, conocer los verdaderos requisitos de nuestros clientes, como no es práctico hacer un censo a todos los que actualmente compran en la fábrica de bolsas se va a considerar sólo a los clientes más importantes, para ello se elabora un diagrama de Pareto para establecer quiénes son estos, enseguida se muestra el diagrama (nuevamente por cuestiones confidenciales sólo se muestran claves en lugar de nombres de los clientes y las cifras de ventas están multiplicadas por un factor para no mostrar las ventas reales pero sin alterar los porcentajes y la lógica de este estudio).



De aquí observamos que 30 clientes (el 20% aproximadamente) representan el 80% de las ventas totales, en la última categoría se agruparon varios clientes para poder graficar.

A estos 30 clientes se les aplicó el siguiente cuestionario:

LA VOZ DEL CLIENTE

¿Qué espera del producto?

¿Qué les gusta del producto?

¿Qué no les gusta del producto?

¿Cuáles son las características que requiere el producto?

¿Qué están recibiendo del producto y no necesitan?

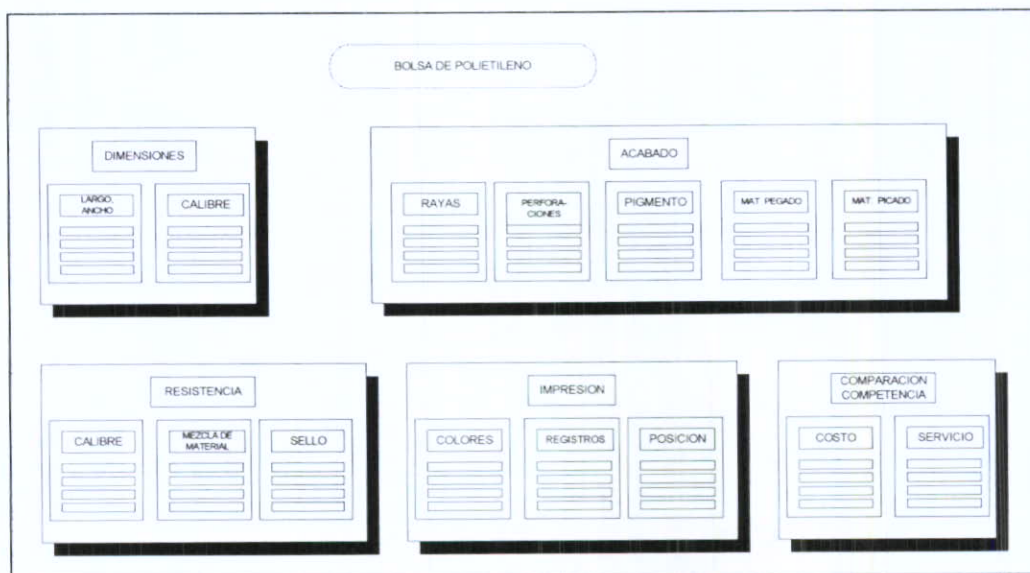
¿Qué necesitan del producto y no están recibiendo?

¿Qué pruebas o inspecciones se le realizan al producto?

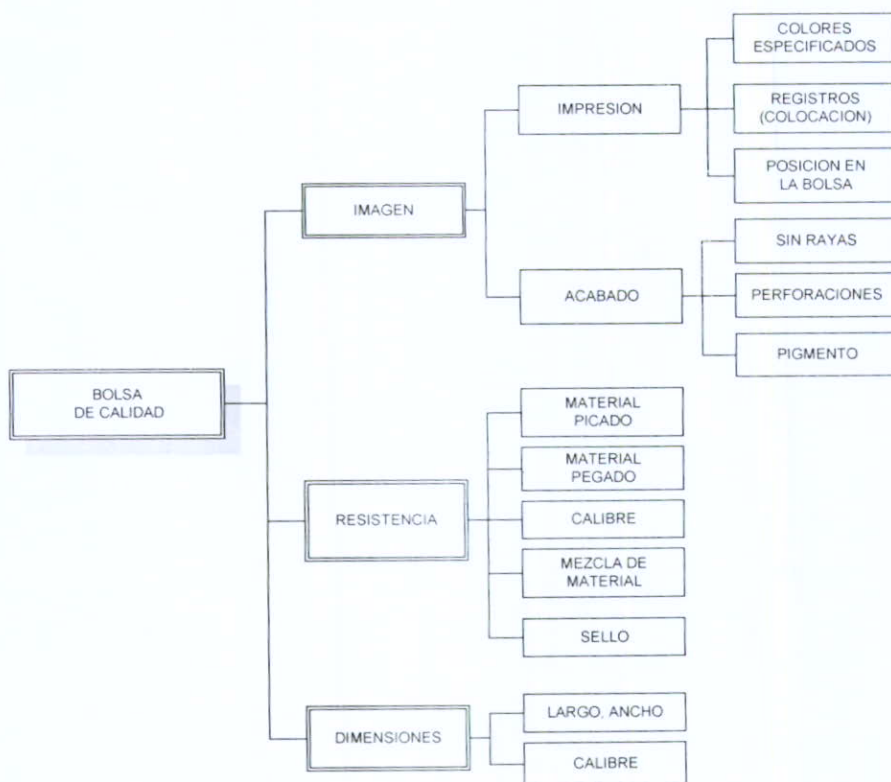
¿Qué hace que compre en *Plastics Inc.*?

¿Cómo nos calificaría respecto con la competencia?

Cabe hacer mención que para realizar el censo y poder obtener una verdadera voz del cliente, fue necesario capacitar a los vendedores a quienes se consideró como los elementos más viables para recabar la información. En la capacitación se les informó el objetivo del cuestionario, se les aclaró que de ninguna forma ellos tenían que influir en las respuestas de los clientes, pero al mismo tiempo que era necesario obtener fielmente los requisitos que en ellos demandan. No fue fácil, hacerles entender esta tarea, pero al final se obtuvieron resultados muy favorables. Además del cuestionario, se tomó información que actualmente la empresa tiene registrada como devoluciones y quejas de clientes para complementar y hacer más rica la investigación. Reunida una vez toda esta información fue necesario formar un grupo de trabajo compuesto por los vendedores, el jefe de producción, el supervisor, la inspectora de calidad y el líder de proyecto para realizar un análisis de la información mediante un diagrama de afinidad que nos permitiera, ver los puntos realmente necesarios para el establecimiento de las características críticas para la calidad y de esta forma de enfocarnos en ellas para su medición. Enseguida se muestra sólo un esquema del diagrama de afinidad, ya que son muchísimos los comentarios de los clientes y la empresa pidió que muchas de las ideas no fueran mostradas:



Aquí se observa cómo se pudieron clasificar las ideas para poder así determinar las características críticas de calidad, después de la dinámica en equipo. Aquí también se logró implementar este formulario para nuevos clientes especialmente, y de esta forma tomar sus verdaderas necesidades, ya que con el procedimiento actual, hasta que el producto llega al cliente son revisados sus características y hasta entonces se percataban de las diferencias encontradas a lo que realmente se estaba especificando, llevando esto a la devolución de materiales. Así en el futuro es posible anticiparse para evitar errores. Traduciendo estas características al diagrama CTQ (críticos para la calidad), nos quedaría de la siguiente manera:



De esta forma gráfica es posible darnos una mejor idea de las características a medir, mismas que nos ayudarán a realizar nuestro QFD (la Función del despliegue de la calidad).

medibles se elaboro un QFD enfocados al desarrollo del producto y de proceso que enseguida se detallan.

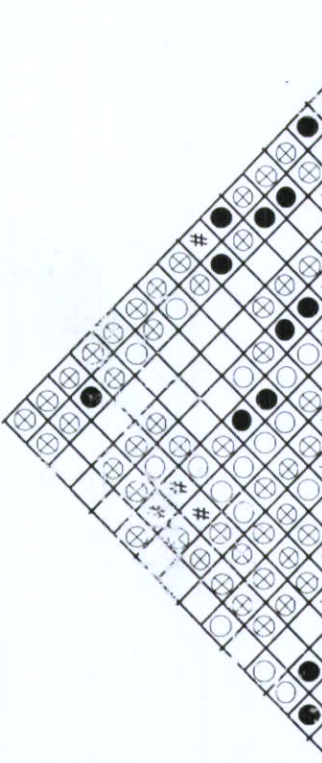
8.11 Despliegue de la Función de Calidad (QFD)

El QFD es una herramienta muy poderosa empleada para el diseño de nuevos productos, aquí nos servirá para la determinación de las especificaciones del producto y de proceso. Dos matrices fueron suficientes para el propósito de definir lo que vamos a medir y el cuanto de esos cómo (especificaciones), por lo que no fue necesario mayor nivel de detalle. Cabe aclarar que la sección derecha dedicada al área competitiva comúnmente se colocan uno o varios competidores, en nuestro caso por la información obtenida de los clientes sólo aparece la evaluación de la empresa, pero esta con respecto a nuestra competencia por lo que nos fue igualmente de gran ayuda, en donde la calificación más baja es 1 y la más alta 5.

En las siguientes páginas se muestran las matrices y posteriormente se explicarán a detalle los resultados.

●	= 9 High
○	= 3
⊗	= 1 Low
#	Fuerte +
○	Positiva
⊗	Negativa
#	Fuerte

Dirección de mejoramiento		Importancia			
Requerimientos (Como)					
Req. del cliente (Qué)					
Imagen	Impresión	5	●	72	72
	Acabado	3	●	72	72
	Resistencia	3	●	72	72
	Dimensiones	2	○	72	72
	Tiempo de entrega	4	○	72	72
	Precio bajo	3	○	72	72
Especificaciones					
	Segun Pantone		○	72	72
	Segun orden ± 2mm		○	72	72
	Segun orden ± 3 mm		○	72	72
	Que no se percan a contraluz		○	69	69
	Segun orden 2± mm		○	18	18
	Segun muestra, no translucido		●	72	72
	Que las paredes se puedan deslizar		○	36	36
	No deben presentar ninguna		○	18	18
	Segun orden ± 10 % del calibre		○	47	47
	Segun orden ± 5 %		○	36	36
	Segun orden ± 5 %		○	54	54
	Sello		○	90	90
	Segun orden ± 5 mm		○	45	45
	> 80%		○	63	63
	> 85%		●	27	27
	Menor del % de precio de venta		●	27	27
	Bajos costos		●	4	4
	Desempeño de equipo		●	4	4
	Disponibilidad de equipo		●	4	4
	Largo, ancho (med.)		●	5	5
	Compañía vs compet.		●	3	3
			●	3	3



Matriz de desarrollo de producto

En nuestra matriz de desarrollo del producto vemos que nuestra calificación más alta resultó para la columna de largo y ancho por lo que hay que ponerle mucha atención a esta característica de calidad. Enseguida están las columnas correspondientes al color de tintas, registros de impresión, posición de impresión y un poco con menos peso que no presente rayas la bolsa, todas estas características se refieren a la presentación del producto por lo que también es importante enfocarnos en ellas para su cumplimiento y al mismo tiempo representan para nuestros clientes que logramos superar a nuestros competidores. En el resto de la evaluación competitiva los clientes no evaluaron como el mejor que cumple con las dimensiones, pero en los que respecta a precio bajo y tiempo de entrega se tiene que mejorar estos aspectos para ubicarnos mejor que la competencia.

Ahora en lo que respecta la matriz del proceso, para la columna del operador de extrusora tiene el mayor peso de columna, por lo que se tiene que considerar que el operador sea calificado y se siga capacitando. Enseguida le siguen en importancia las columnas de Orden de mezcla, cantidad de mezcla y calidad de materiales todas estas importantes para el proceso de extrusión que es donde se inicia el proceso entero. En el análisis competitivo observamos que sólo en algunos aspectos tenemos unas ventajas y en prácticamente todo lo demás nos encontramos a su nivel, por lo que la empresa debe buscar formas de lograr una ventaja competitiva.

Ya se definieron las características de calidad importantes para el cliente y que tenemos qué medir, al igual que las columnas en la que hay que enfocar esfuerzos. En la siguiente fase del proceso DMAIC revisaremos el sistema actual tomando datos actuales de operación, lo que nos irá preparando para lograr esa ventaja competitiva antes mencionada.

9. Capítulo 2: Medición del sistema actual

En la etapa anterior se definieron gracias a “escuchar” la voz del cliente y después analizando información hasta llegar a la función del despliegue de calidad, se establecieron las especificaciones y parámetros del proceso a medir. En esta fase la meta es encontrar la fuente de los problemas, entendiendo las condiciones actuales del proceso y del producto. El conocimiento de éstas nos permitirá investigar las causas potenciales defectos y de paros en la maquinaria en la etapa Analizar. Sólo con datos es posible entender el problema, tratar de entenderlo sin datos sólidos es recurrir a presentimientos, con lo que se pierde objetividad. Por eso es muy importante establecer un plan para la recolección de datos con fines de analizar la situación actual y no aún como propuesta del sistema de medición de la calidad. Como ya se han establecido las variables que hay que medir, qué tipos de datos son (discretos o continuos), establecer formas sencillas y útiles para la recolección de datos que nos ayuden temporalmente para que en la fase de analizar veamos las causas por las que no se opera un sistema de monitoreo. También se buscará que los datos sean suficientes, relevantes y representativos del proceso, teniendo en cuenta que por ser un proceso de producción es mejor seguir un muestreo sistemático⁵. Para ello es muy importante enumerar los pasos que se siguieron y a continuación se detallan.

9.1 Identificar las mediciones claves y establecer el plan

Consistió en identificar las mediciones claves y establecimiento de metas. Aquí buscamos estar seguros que la recolección de datos nos dará respuesta a lo que necesitamos, ya que una mala recolección nos puede llevar a un análisis erróneo. En el análisis SIPOC vimos que nuestras salidas son las bolsas de plástico (variable Y) y éstas dependen de la materia prima que son nuestras entradas además de los pasos del proceso (son nuestras variables X's). De estas variables en la etapa de medición observamos cuáles son las críticas para ponerles mayor atención durante el proceso de analizar. Debido a que actualmente no existe un sistema formal de

⁵ Pande Peter S., Neuman Robert y Cavanaugh Roland, *The Six Sigma Way, Team Field book* p. 143

mediciones, no es posible entonces encontrar la causa de los problemas de *scrap* y paros en la maquinaria, así que buscamos implementar un sistema *piloto* o guía para percatarnos del estado actual y poder comparar , lo que debe ser a el como se está haciendo. Para ello se utilizaron los formatos actuales en la recolección de los datos.

Enseguida se muestra el plan utilizando el método de las 5W y 1H.

What? (¿Qué?)	Who? (¿Quién?)	When? (¿Cuándo?)	Where? (¿Dónde?)	Why? (¿Por qué?)	How? (¿Cómo?)
Diseñar formatos	Líder del proyecto	Del 5 al 9 de abril	El planta	Para poder realizar el muestreo piloto	Mediante la ayuda de la Pc, en Excel.
Medir cantidad y tipo de defectos y porcentaje del material rechazado, en el producto más importante	Inspectora de calidad	Semana del 26 de abril al 8 de mayo	Proceso: extrusión, impresión y bolseo	Para compararlo con la situación actual	Con los formatos actuales y los provisionales, muestreando cada hora en cada máquina.
Tomar datos con los procedimientos actuales	Los operadores y la inspectora de calidad	Semana del 26 de abril al 8 de mayo	Proceso: extrusión, impresión y bolseo	Ver desviaciones contra un sistema formal de medición	Con los formatos actuales
Medición de paros y disponibilidad del equipo	Encargado de mantenimiento y operador de impresora	Semana del 3 al 8 de mayo	Impresora 1	Darnos idea de lo que está pasando	Con los formatos provisionales, y con datos diarios en la máquina.

9.2 Estratificar

Estratificar significa dividir los datos dentro de grupos, que en nuestro caso la intención será identificar las características claves que están influyendo en la generación de scrap, en la disponibilidad, así como en el desempeño del equipo y así poder identificar patrones que nos permitan encontrar la causa de estos problemas, todo por medio de los formatos.

Los grupos de estratificación que se pudieran encontrar son:

¿Quién? : en nuestro caso el personal de un turno, de un departamento o directamente el operario de una máquina.

¿Qué?: aquí buscamos identificar que máquina nos está causando problemas. Qué o cuáles defectos son los que generan la mayor cantidad de rechazos.

¿Cuándo?: con las mediciones se buscará identificar en qué etapa del proceso se genera los problemas o en que subproceso, turno, día de la semana, o semana del mes afecta en la generación de problemas.

9.3 Formas actuales de recolección de datos

En este tema nos enfocamos a llenar las formas de recolección de datos actuales, de tal forma que nos daremos cuenta que tan funcionales eran y si en realidad no generaran problemas de llenado, y si es posible realmente obtener información confiable, en la siguiente etapa se mostrarán y analizarán los datos recolectados.

A continuación vamos a mostrar los formatos actuales para la recolección de datos.

9.4 Validando el sistema de medición actual: Gauge R&R

En esta etapa consiste en validar el sistema de medición. La meta es minimizar los factores a controlar que puedan afectar a las variaciones los datos. Los estudios *Gauge R&R* es un conjunto de pruebas conducidas a estimar la Repetibilidad y la Reproducibilidad de nuestro sistema de medición.

Este estudio consiste en estudiar la variación y en base a sus resultados determinar cuanta diferencia existe debido a los operadores, técnicas o unidades en sí mismas.

9.4.1 Los problemas comunes con los sistemas de medición son:

Inexactitud: las mediciones tienen un valor promedio diferente al método “estándar”.

Imprecisión: lecturas repetidas en el mismo material varían mucho en relación a las variaciones establecidas.

No hay reproducibilidad: el proceso de medición es diferente para los operadores, instrumentos o laboratorios.

El sistema es inestable a través del tiempo: el sesgo o la precisión cambian a través del tiempo.

Falta de resolución: el proceso de medición no puede medir con suficiente precisión unidades para capturar la variación actual del producto.

9.4.2 Nuestro sistema de medición consiste en:

Instrumentos

Procedimientos

Definiciones operacionales

La Gente

9.4.3 Así que para validar el incipiente sistema de medición necesitamos:

- Evaluar que tan bien funciona el sistema actualmente
- Evaluar los resultados y mejorar en los casos necesarios

9.4.4 Evaluando la exactitud, repetibilidad y reproducibilidad de medición de datos continuos

9.4.4.1 Características deseadas para datos continuos

Exactitud: El valor medido tiene poca desviación del valor real. Exactitud es usualmente probada por comparación de un promedio de medidas contra un estándar conocido.

Repetibilidad: La misma persona y mismo instrumento tomando varias medidas en la misma muestra y obtiene el mismo resultado de una característica.

Reproducibilidad: otra(s) persona(s), mismo instrumento midiendo la misma muestra obtiene el mismo resultado cuando se mide la misma característica.

Estabilidad: las mediciones tomadas por una misma persona de la misma forma varía muy poco a través del tiempo.

Resolución adecuada: hay suficiente resolución en el instrumento de medición, así que el producto puede tener diferentes valores.

Así que para evaluar las características anteriores se realizaron pruebas a los instrumentos claves que se emplean actualmente en toda la empresa y se muestra como en la siguiente tabla:

Prueba para	Como
1. Exactitud	Prueba para determinar el monto de sesgo por medio de mediciones repetidas de cantidades “conocidas”
2. Repetibilidad	La misma persona mide repetidamente la misma muestra, para determinar variaciones en el instrumento
3. Reproducibilidad	Varias personas (o instrumentos) midiendo la misma muestra repetidamente llevan a mismos resultados
4. Estabilidad	La misma persona mide el mismo artículo a través del tiempo, para encontrar causas especiales que puedan indicar ausencia de estabilidad
5. Resolución	Estar seguro de que 5 o más distintos valores son observados dentro del rango de variación del producto en cualquier de las pruebas arriba señaladas.

9.4.4.2 Datos necesarios para el estudio Gauge R&R

- Cada operador mide cada unidad repetidamente
- Los datos tienen que estar balanceados cada operador tiene que medir la misma unidad el mismo número de veces
- La unidades deben ser representativas del rango de variación en el proceso

- Los operadores deben de probar aleatoriamente y “ciegamente” las muestras, ellos no deben de saber qué muestra están midiendo cuando están registrando los resultados

Aquí realizamos el estudio para tres dispositivos que se emplean en la empresa, en esta etapa sólo se muestran los resultados y en la etapa de analizar se discutirán los resultados, y si la forma de operar actual cumple o no con los estándares. Para la báscula de precisión de .0001 de kg. se tomaron 3 muestras con un valor de 17.6 gr. de peso y lo realizaron dos operadores dándonos los siguientes datos:

		Báscula 1	
Muestra	Med	Operador 1	Operador 2
1	1	18.10	17.90
	2	18.05	17.90
	3	17.90	18.00
2	1	17.60	17.50
	2	17.50	17.60
	3	17.40	17.50
3	1	17.80	17.80
	2	17.90	17.80
	3	17.90	17.90

En la siguiente prueba se emplearon dos flexómetros típicos con una precisión de 1mm y de diferente marca con el fin de ver si existen diferencias entre éstas, además lo realizaron dos operadores en tres muestras diferentes con un valor de 15.0 cm de ancho de bolsa.

		Flexómetro 1		Flexómetro 2	
Muestra	Med	Operador 1	Operador 2	Operador 1	Operador 2
1	1	14.9	15.1	14.7	14.9
	2	14.8	15.0	14.9	15.0
	3	15.0	14.9	14.9	15.0
2	1	15.0	15.0	14.9	14.9
	2	15.0	15.0	14.9	15.0
	3	14.9	15.1	15.0	15.0
3	1	14.9	15.0	15.0	15.1
	2	15.0	15.0	14.9	15.0
	3	15.0	15.0	15.0	15.0

Por último para datos continuos se analizó la prueba para un micrómetro de carátula con 0.0001" y con tres muestra con un valor de 500 milésimas de pulgada de calibre.

Micrómetro			
Muestra	Med	Operador1	Operador2
1	1	560	460
	2	540	440
	3	530	465
	4	510	520
	5	525	460
	6	560	480
	7	550	490
	8	550	550
	9	550	550
	10	500	525
2	1	530	470
	2	520	460
	3	540	450
	4	550	510
	5	510	490
	6	470	530
	7	460	510
	8	430	510
	9	490	460
	10	500	560
3	1	450	450
	2	440	440
	3	510	520
	4	160	480
	5	500	520
	6	520	530
	7	440	450
	8	540	450
	9	540	510
	10	340	520

9.4.5 Evaluando la exactitud, repetibilidad y reproducibilidad de medición de datos discretos

9.4.5.1 Características deseadas para datos discretos

Los datos discretos son usualmente resultados de la apreciación. Cuando se categorizan los ítems (pasa / no pasa), se tiene que tener un alto grado de aceptación en la forma que un ítem tiene que ser categorizado.

La mejor forma de evaluar mediante criterios de apreciación es tener a todos los operadores capacitados y que entiendan el criterio. Buscar un consenso al 100%. Usar desacuerdos como oportunidades de determinar y eliminar los problemas.

Así como realizamos pruebas para datos continuos, se realizaron pruebas para datos discretos, considerando muestras que cumplan con los criterios actuales de aceptación y otros que no lo cumplan, algunos evidentes y otros no tanto para poder apreciar y poder validar el sistema. Se tomaron dos operadores y varias muestras, se revisará cada muestra dos veces y decidiendo si la muestra cumple o no el criterio de aceptación. Si todas las inspecciones por muestra son correctas el estudio es satisfactorio. De lo contrario será necesario considerar acciones para mejorar el sistema actual.

9.4.5.2 Datos del estudio para características discretas

Primero se aplicó el estudio *Gauge R&R* para la característica de color, se tomaron 5 muestras con un criterio ya definido (aceptado o rechazado) pero que se encontraban en una región crítica entre la aceptación y el rechazo. Las muestras se les presentaron aceptación ante a dos operadores, para ver su criterio de aceptación o rechazo, antes de la prueba se nos comentó que todos tenían el mismo criterio, aquí se muestran los resultados y en la fase de analizar se detalla el resultado.

Color

Parte	Operador1	Operador2	Valor Real	Prueba
1	Rechaza	Rechaza	Rechazar	✓
2	Acepta	Rechaza	Aceptar	X
3	Acepta	Rechaza	Aceptar	X
4	Rechaza	Rechaza	Rechazar	✓
5	Rechaza	Rechaza	Rechazar	✓

De igual forma se aplicó el estudio a la característica de rayado de material, aquí se tomaron 6 muestras y se procedió de forma similar a la anterior.

Rayas

Parte	Operador1	Operador2	Valor Real	Prueba
1	Acepta	Acepta	Aceptar	✓
2	Rechaza	Rechaza	Rechazar	✓
3	Rechaza	Acepta	Rechazar	X
4	Rechaza	Rechaza	Rechazar	✓
5	Acepta	Rechaza	Aceptar	X
6	Rechaza	Rechaza	Rechazar	✓

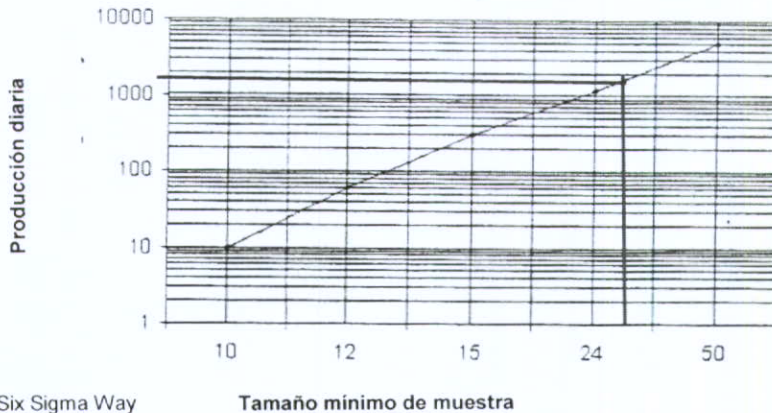
9.5 Estrategia de muestreo

Muestrear es recolectar una porción de todo un conjunto de datos usando esa porción para llegar a conclusiones. Buenas conclusiones a menudo nos pueden dirigir de un reducido número de datos. Muestreamos porque buscando en todo el conjunto de datos nos resultaría muy caro, consumiría mucho tiempo o sería imposible (en el caso de pruebas destructivas como la de la resistencia del sello). El muestreo es usado en esta etapa de Medición dentro del ciclo DMAIC donde los datos son recolectados.

9.5.1 Determinación del tamaño de la muestra para prueba piloto

Debido a que los procesos en general no son muy estables y menos cuando no existe control se empleará la siguiente tabla que nos ayudará a ver el tamaño de la

muestra, considerando una producción de 2000 Kg. diarios para el producto más importante y por tres días en esa semana.



Tomado de The Six Sigma Way

Tamaño mínimo de muestra

Observamos que para esa producción continuando hasta donde cruzan esta línea horizontal con la diagonal y después bajando verticalmente, le corresponde un tamaño de muestra de 31.5 Kg. Diarios (éste dato se obtuvo interpolando para datos que son fácilmente visibles en la tabla), ya que un tamaño de muestra mayor resultaría impráctico. En el sistema DMAIC se considera el muestreo durante un proceso y no de productos terminados, por lo tanto se tiene que asegurar que: Muestrear sistemáticamente a través del tiempo de éste, tratar de recolectar muestras pequeñas frecuentemente para asegurar el comportamiento del proceso, de tal forma que ese tamaño lo dividimos entre 16 hrs. y tenemos que muestrear 1.96 Kg. cada hora. En la fase de analizar se muestran los datos obtenidos junto con sus respectivos estudios.

9.6 Entendiendo la variación

Cuando se analizan datos siempre existen diferencia entre los valores, estas diferencias se le llaman variación. Ciertos patrones en esta variación pueden proveer claves acerca de la fuente de los problemas. Cuantificar esta variación en el proceso es crítico para poder mejorar. Entendiendo qué causa la variación nos

ayuda a decidir qué tipo de acciones son las más recomendadas a seguir. Es importante también saber el tamaño de esta variación, pequeñas variaciones no son significativas, pero una gran variación genera demasiadas pérdidas o desperdicios.

Existen dos tipos de causas de la variación: las especiales y las comunes. Las especiales hay que tratarlas inmediatamente antes de que siga ocurriendo más daño, buscar la causa inmediatamente y evitar su recurrencia en un futuro (estandarizar y documentar). Para una causa común la estrategia es estabilizar el proceso, las causas comunes de variación pues ser reducidas explicando la diferencia entre los puntos individuales si el producto está bajo control estadístico, todos los datos son relevantes, y se requiere cambios fundamentales para la mejora.

9.6.1 Grafico de control de fracción defectuosa (P)

Se usan para estudiar variaciones y tendencias o patrones en un periodo de tiempo, sirven para enfocar las atenciones en cambio vitales dentro del proceso, ayudan a rastrear información útil para predecir tendencias. También se emplean para comparar el desempeño de antes y después de la implementación de una mejora. A continuación se procedió a tomar datos de un mes reportados por la empresa del departamento de extrusión, y la gráfica se examina [JMRP1] en la etapa de analizar (sección 10.3), enseguida se muestran solamente los datos obtenidos:

DIA	Prod. (kg)	Defect. (kg)	P		DIA	Prod. (kg)	Defect. (kg)	P
1	8165	365	0.044703		16	7334	573	0.078129
2	6680	159	0.023802		17	6882	397	0.057687
3	6007	205	0.034127		18	5916	580	0.098039
4	5541	263	0.047464		19	8085	450	0.055659
5	5129	234	0.045623		20	9327	534	0.057253
6	6044	286	0.04732		21	8042	468	0.058194
7	5724	274	0.047869		22	6381	495	0.077574
8	5513	306	0.055505		23	6132	506	0.082518
9	5554	310	0.055816		24	8121	358	0.044083
10	6288	642	0.102099		25	7202	451	0.062621
11	9023	371	0.041117		26	6752	356	0.052725
12	8031	345	0.042959		27	8341	457	0.05479
13	7099	637	0.089731		28	7819	347	0.044379
14	8680	457	0.05265		29	7159	272	0.037994

9.7 Nivel Sigma

El proceso de Seis Sigma comparte algunas cosas con los índices de capacidad de proceso, el nivel Sigma nos ayuda en los casos donde se puede contar los defectos para lograr satisfacer al cliente, proceso de varios pasos en el caso de que se quiera medir el desempeño del proceso.

El método estándar preferido para determinar los DPMO (defectos por millón de oportunidades) es usar los datos del proceso actual y contar cuantas oportunidades para generar un defecto están fuera de los límites de especificación, y de esta forma se escala el valor a un equivalente de un millón de oportunidades. Este indicador se usa porque es más sensible que los porcentajes y se enfocan principalmente en los defectos. El nivel sigma es la capacidad del proceso relativo especificaciones del proceso, en la práctica se determina el *Yield* (producción buena) para determinar el nivel general de Sigma. Una oportunidad para generar un defecto, es toda ocasión que el producto es manejado y en ese punto es posible cumplir con los requerimientos del cliente o no. Las oportunidades de defecto cuentan el número de veces que una especificación puede ser fallada y no las formas en las que se puede fallar. El número de oportunidades por unidad debe permanecer constante antes y después de la mejora. Una oportunidad debe estar basada en un defecto que razonablemente puede pasar, si hay algo que nunca ha pasado no podemos contarla como una oportunidad. El número de oportunidades de cometer un defecto tiene relación con la complejidad del proceso, procesos más complejos suelen tener mayores oportunidades de cometer errores que los simples.

Para nuestro proceso consideraremos como unidad de medida kilogramos y observamos que se pueden cometer 13 tipos de defectos y cada uno de ellos tiene las siguientes oportunidades de poder ser cometido: 5, 13, 4, 2, 3, 3, 3, 3, 2, 4, 3, 4, y 3, respectivamente dando un total de 54 oportunidades de defecto. Actualmente en la empresa se llevan algunos registros por parte del departamento de producción de los productos defectuosos y los muestra en una pizarra para disposición de toda

la empresa, del mes anterior se tomaron los datos y ahora calcularemos el nivel Sigma mediante la siguiente formula:

$$DPMO = \frac{D}{NO} \times 1'000,000.00, \text{ Donde } D = \text{Kg. defectuosos, } N = \text{número de Kg.}$$

Producidos y O = oportunidades de defecto. Sustituyendo tenemos:

$$DPMO = ((637,092.93) / (6,185,368.2 \times 54)) \times (1'000,000) = 102,901.41$$

Y transformando los Dpmo a nivel Sigma con la siguiente tabla:

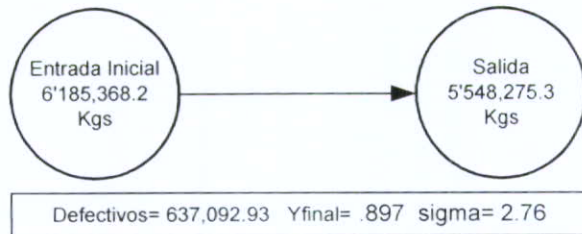
Sigma	DPMO	Yield	Sigma	DPMO	Yield
6	3.4	99.99966%	2.9	80,757	91.9%
5.9	5.4	99.99946%	2.8	96,801	90.3%
5.8	8.5	99.99915%	2.7	115,070	88.5%
5.7	13	99.99866%	2.6	135,666	86.4%
5.6	21	99.9979%	2.5	158,655	84.1%
5.5	32	99.9968%	2.4	184,060	81.6%
5.4	48	99.9952%	2.3	211,855	78.8%
5.3	72	99.9928%	2.2	241,964	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%			

Reproducido de Six Sigma pocket guide

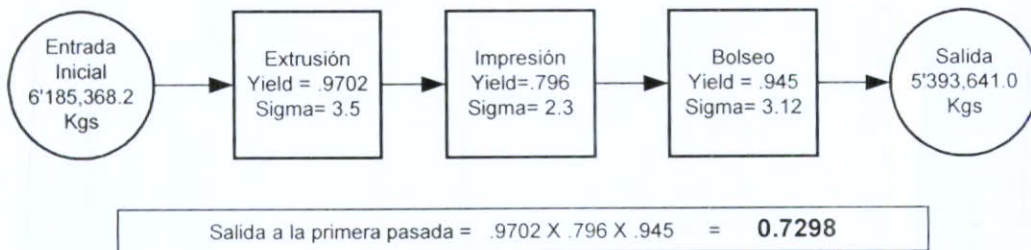
Interpolando valores de la tabla con la ayuda de una calculadora Casio FX880P tenemos el nivel Sigma actual: **2.76515** y un Yield de 89.7%.

9.8 Cálculo del Yield final y del Yield a través del proceso

El Yield final nos indica solamente cuánto material bueno resulto después de todo el proceso, pero se incluye el retrabajo y se hace evidente en la siguiente figura:



Otro punto importante es que esta métrica es un indicador de cómo le estamos cumpliendo al cliente externo y sólo consideramos los resultados y no el proceso (Imai 1989), por lo que nos oculta problemas. De tal forma que es necesario un enfoque más detallado, esto no lo permite el *yield* a través del proceso, como se indica a continuación:



Ya que una definición de calidad es “hacer las cosas bien desde la primera vez”. Y de esta forma podemos ver donde se pueden genera un mayor nivel de scrap, tal es el caso del departamento de impresión.

9.9 Cálculo del OEE (Efectividad General del Equipo)

Aunque típicamente dentro de las mediciones de Seis Sigma no es tomada en cuenta, pero sí lo es muy importante dentro del proceso de Kaizen dentro de TPM, y dado los problemas que nuestra empresa en estudio como se ha venido

mencionando, es muy importante tomarlo en cuenta, ya que es un indicador clave para lograr mejoras dentro del proceso que nos da conocer otro desperdicio importante como lo es la reducción del tiempo ocioso de la maquinaria. Aquí nos limitaremos sólo al cálculo, ya que implementar TPM sería otro proyecto.

¿Pero por qué es importante el OEE?, la respuesta es, porque las mediciones nos ayudan a mejorar. Las empresas están en los negocios para hacer dinero, y sólo a través del valor agregado al cliente que es posible lograrlo, entonces, nuestra maquinaria y equipo es muy importante y es la que le da que ese valor agregado. Para agregar ese valor, efectivamente es importante que las máquinas trabajen efectivamente, con el menor desperdicio posible. Otro aspecto importante es, que si una máquina que está trabajando bien, es posible generar buena calidad a través del tiempo de operación.

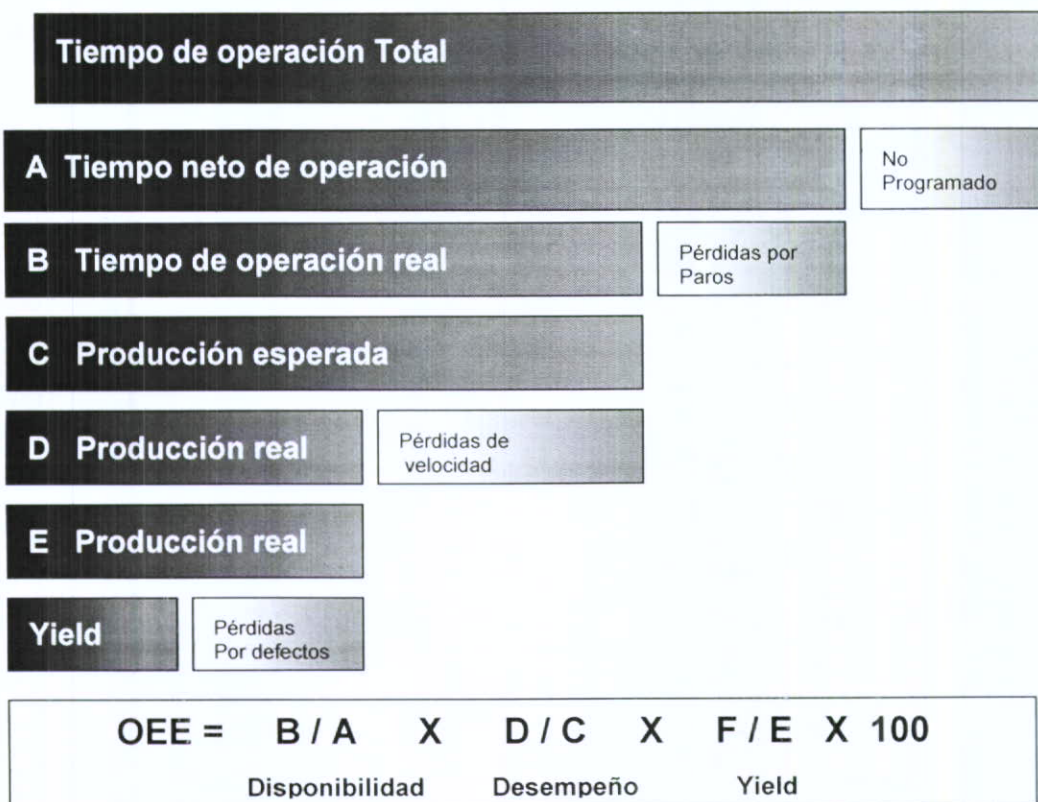
Para el cálculo es necesario entender tres conceptos, y éstos son:

El desempeño: que es una comparación de la producción real del equipo contra la cantidad de producción que se debería estar produciendo en ese tiempo teóricamente.

Disponibilidad: es una comparación del tiempo potencial de operación y el tiempo real de operación en que la maquinaria está produciendo.

Calidad: es una comparación de los productos realizados y que cumplen los requerimientos del cliente contra los producidos, como ya se vio que es nuestro Yield.

Para entender lo mejor, en seguida se presenta una figura en la que se muestran las relaciones de estos tres elementos:



Adaptado de OEE for operators 1999.

Los datos obtenidos nuevamente se mostrarán y analizarán en la siguiente fase del proceso DMAIC.

Hasta aquí y no antes, tenemos una radiografía de la verdadera situación de la empresa, por lo tanto ya estamos preparados para que en la siguiente fase se analice toda esta información y podamos ser capaces de encontrar las causas de los problemas actuales de la falta de funcionamiento del sistema de mediciones.

10. Capítulo 3: Análisis

Consiste en transformar los números (datos) tomados en la etapa anterior en algo entendible, para de esta forma ver las causas de los problemas. Si en la etapa de medir consistió en tomar la radiografía aquí se trata de interpretarla y encontrar la enfermedad (sus causas) y después poder dar un tratamiento adecuado para su cura (fase de mejorar). Analizaremos que está pasando, para de esta forma proponer el sistema de medición de acuerdo a los problemas y no como un formato general solamente los puntos tratados en la fase de medir. Primero se analizarán los resultados obtenidos en la etapa anterior y después las causas por las cuales el sistema actual no está funcionando de forma satisfactoria.

10.1 Formas de recolección de datos y estratificación

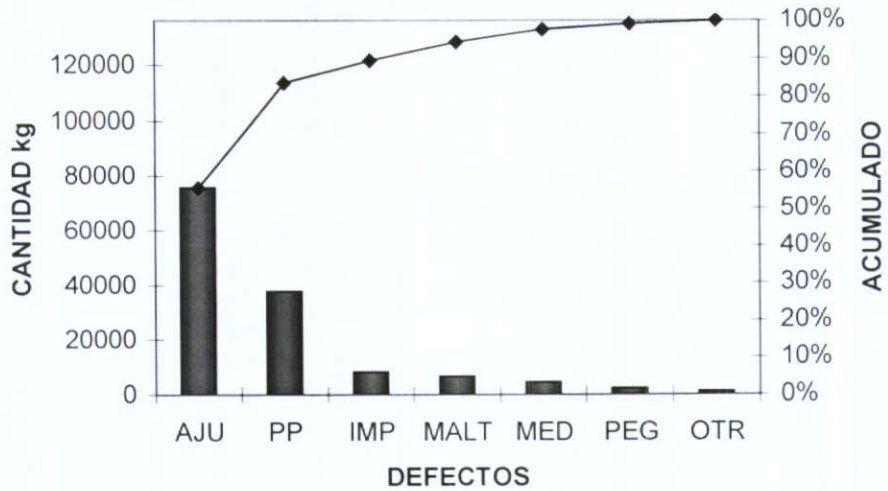
En estos formatos observamos que les falta algunos apartados para poder estratificar e identificar donde se generan los defectos, entre éstos están anotar la máquina de donde fue obtenida la muestra, el turno o la hora, quien muestrea, y si acepta o se rechaza el lote además de alguna observación pertinente.

También no se indica la cantidad muestreada o el tamaño de la población de la que fue tomada la muestra. Observamos que debido a la estructura del formato los tipos de defectos no son estratificados de forma conveniente y además se confunde “causas de desperdicio” como se le conoce en la empresa a los tipos de defecto. Lo anterior lo podemos observar en los siguientes Paretos que se realizaron en base a los datos obtenidos en este plan contra lo obtenido mediante sus mediciones actuales. Donde los tipos de defecto encontrados son:

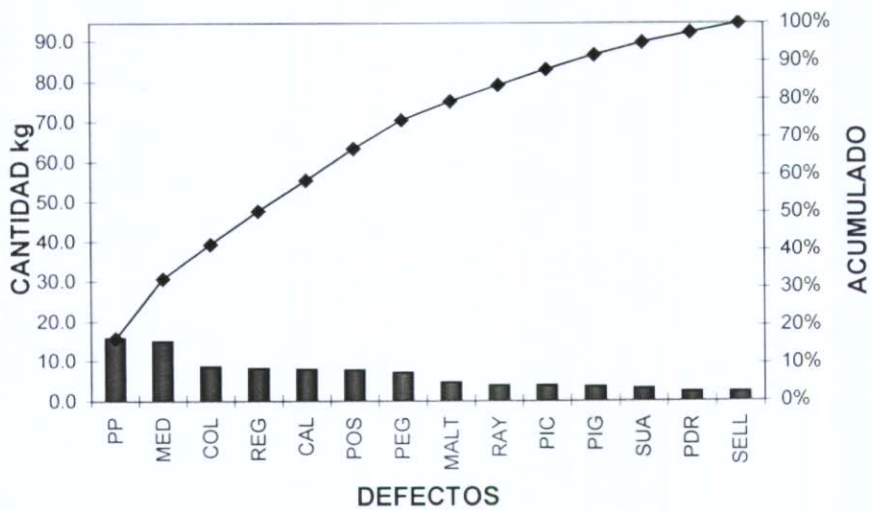
PP = PUESTA A PUNTO
PEG = PEGADO
PDR = PIEDRAS
GRU = GRUMOS
RAY = RAYAS
PIC = PICADO
CAL = CALIBRE
COL = COLOR DE TINTAS

SUA = SUAJE
SELL = SELLO
OTR = OTROS
MED = MEDIDAS
PIG = PIGMENTO
MALT = TRATAMIENTO
REG = REGISTROS DE IMPRESIÓN
POS = POSICIÓN DE IMPRESIÓN

PARETO DE DATOS ACTUALES



PARETO DE DATOS MUESTREADOS



Se observa que en el Pareto, para los datos actuales sólo existen 6 categorías o tipos de defecto de los cuales el que genera el mayor nivel de scrap es el de Ajustes (AJU) con cerca de un 60%, pero un ajuste lo llaman al defecto que se genera durante el proceso y la máquina tiene que ser ajustada para cumplir el estándar, por lo tanto esa categoría abarca mucho más tipos de defectos, y se tiene que estratificar, de lo contrario no es posible atacar las causas que generan este problema por ser una característica demasiado general y como se muestra en el Pareto relativo a los datos obtenidos a nuestro muestreo y considerando las características y especificaciones obtenidas de nuestro QFD, que a su vez fueron obtenidas directamente de los clientes, se observa claramente un mayor número de categorías relativas a los tipos de defectos que presentaron las muestras, ahora el sistema de mediciones nos podría aportar datos más específicos relativo al tipo de defecto que presentan los productos rechazados y así poder atacar sus causas.

Además durante la captura de la información de los formatos por parte del personal de Plastics Inc., no los llenaron de forma correcta o completa, además de presentar aparentemente alteraciones y en algunos bultos de producto rechazado no estaban identificadas las causas del rechazo.

10.2 Analizando los datos para el sistema de medición actual: Gauge R&R

10.2.1 Datos continuos

10.2.1.1 Báscula de precisión

Con los datos recabados y con ayuda del software Minitab versión 13.1 tenemos los siguientes resultados junto con sus respectivas gráficas y enseguida se muestra su interpretación.

Gage R&R for MedBas
 Gage name: Báscula
 Reported by: jm
 Tolerance: .0002

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
PartBasc	2	0.673611	0.336806	65.5405	0.01503
NumOperBas	1	0.003472	0.003472	0.6757	0.49748
NumOperBas*PartBasc	2	0.010278	0.005139	0.9024	0.43141
Repeatability	12	0.068333	0.005694		
Total	17	0.755694			

Two-Way ANOVA Table Without Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
PartBasc	2	0.673611	0.336806	59.9823	0.00000
NumOperBas	1	0.003472	0.003472	0.6184	0.44476
Repeatability	14	0.078611	0.005615		
Total	17	0.755694			

Gage R&R

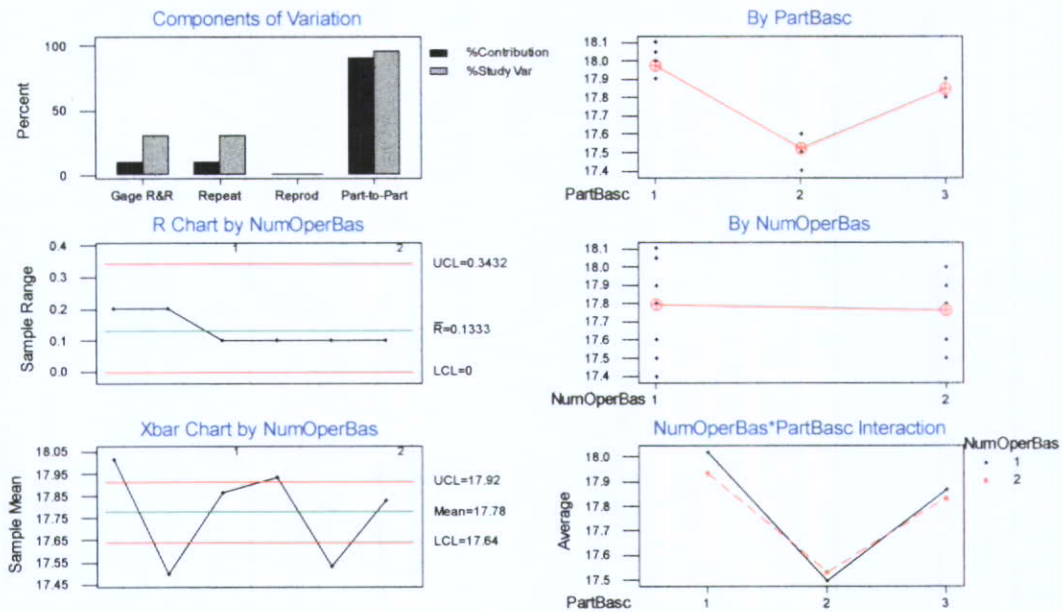
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.005615	9.23
Repeatability	0.005615	9.23
Reproducibility	0.000000	0.00
NumOperBas	0.000000	0.00
Part-To-Part	0.055198	90.77
Total Variation	0.060813	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (5.15*SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.074934	0.38591	30.39
Repeatability	0.074934	0.38591	30.39
Reproducibility	0.000000	0.00000	0.00
NumOperBas	0.000000	0.00000	0.00
Part-To-Part	0.234943	1.20996	95.27
Total Variation	0.246604	1.27001	100.00

Number of Distinct Categories = 4

Gage R&R (ANOVA) for MedBas

Gage name: Bascula
 Date of study:
 Reported by: jm
 Tolerance: .0002
 Misc:



Nuestro *valor p* de esta prueba es de 0.0503 por lo que se acepta la prueba, aunque está al borde del límite, el porcentaje de contribución de nuestro sistema de medición (báscula) contribuye con tan sólo el 9.23% de variabilidad a la prueba que es menor al 10.00% al estándar general de la industria, por lo que la prueba a la báscula resulto satisfactoria. Por otro lado podemos decir que nuestra báscula contribuye con un 30.39% de la variación del estudio, que es bueno, pero se puede mejorar. Otro aspecto importante es que aparecen tan solo 4 categorías en el estudio, que podemos decir que no está tan estratificado y no es tan contundente nuestro sistema actual. De nuestras gráficas de componentes de variación podemos observar que un alto porcentaje de la variación es atribuible a las muestras al igual que en nuestra gráfica X que está bajo control estadístico, mientras que en nuestra gráfica R, al no existir también puntos fuera de control podemos afirmar que el procedimiento de medición de ambos operarios no difiere. Y por último nuestros límites de control están dentro de nuestras tolerancias (Límite inferior de especificación >15.84 y Límite superior de especificación <19.36).

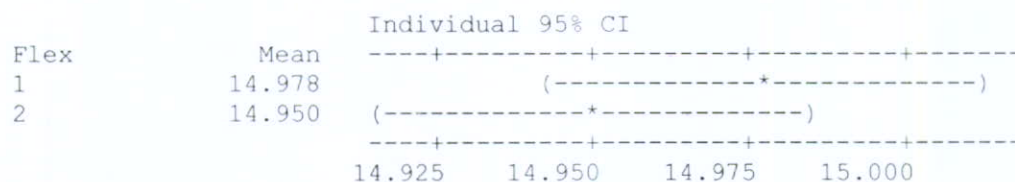
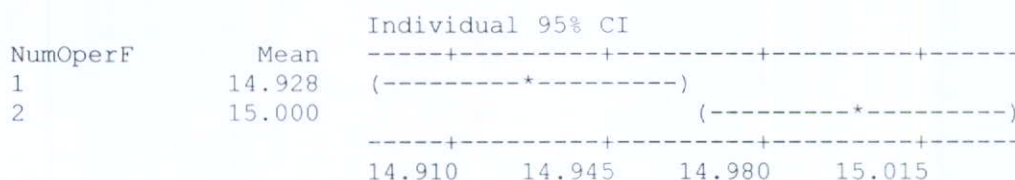
10.2.1.2 Flexómetro

De igual forma enseguida se muestran los resultados que arrojó Minitab y después se procede a la explicación.

Two-way ANOVA: Mediciones versus NumOperFlex, Flex

Analysis of Variance for Medicion FLEX

Source	DF	SS	MS	F	P
NumOperF	1	0.04694	0.04694	8.89	<u>0.005</u>
Flex	1	0.00694	0.00694	1.32	<u>0.260</u>
Interaction	1	0.00028	0.00028	0.05	0.820
Error	32	0.16889	0.00528		
Total	35	0.22306			



Aquí se puede ver que nuestros *medidores*, son un factor muy importante y que el procedimiento de ambos difiere ya que *valor p* para NumOperF es menor a nuestra $\alpha=0.05$ con un valor de 0.005, además como se muestra en el gráfico ambos intervalos de confianza no se traslapan. Por otro lado como la prueba se hizo con dos marcas diferentes de Flexómetros teníamos la duda si existía una diferencia significativa en éstas, la prueba nos indica que no existe diferencia al emplear una marca u otra ya que el *valor p* para Flex es mayor que nuestra $\alpha=0.05$ con un valor de 0.26 y de igual forma podemos ver en la gráfica un traslape entre ambos intervalos de confianza para las dos marcas de Flexómetros. Además se observa que existe una fuerte interacción entre factores con un valor de 0.82.

10.2.1.3 Micrómetro

Con los datos recabados y con ayuda del software Minitab versión 13.1 nuevamente tenemos los siguientes resultados juntos con sus respectivas gráficas y enseguida se muestra su interpretación.

Gage R&R Study - ANOVA Method for micrómetro

Gage R&R for Med Micrómetro

Gage name: Micrometro
 Reported by: jm
 Tolerance: .0002

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
PartMic	2	25881	12940.4	1.37804	<u>0.42051</u>
NumOperMic	1	50	50.4	0.00537	0.94826
NumOperMic*PartMic	2	18781	9390.4	2.85596	0.06622
Repeatability	54	177552	3288.0		
Total	59	222265			

Gage R&R

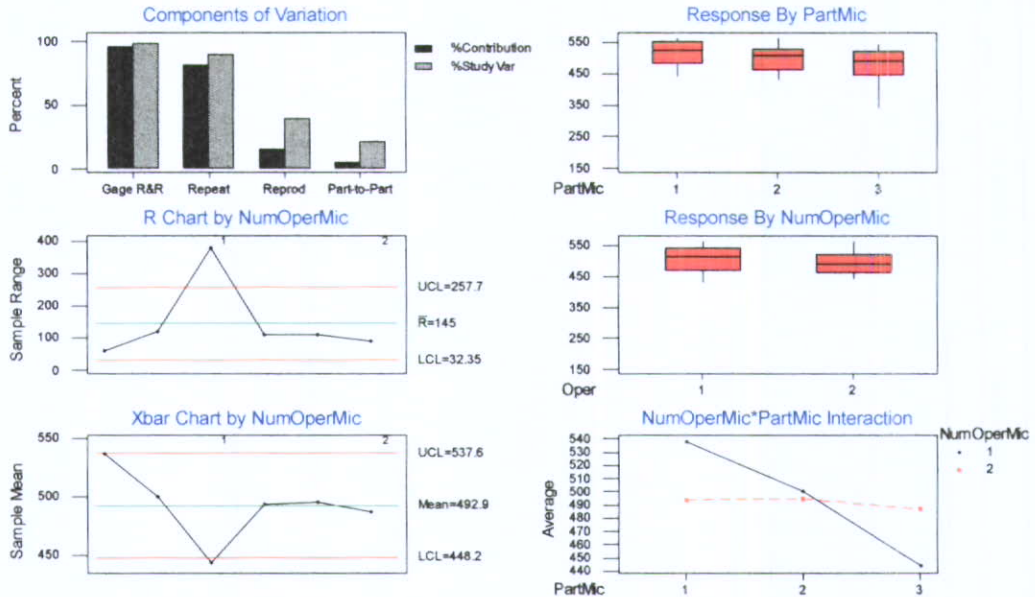
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)	
Total Gage R&R	3898.2	<u>95.64</u>	
Repeatability	3288.0	80.67	
Reproducibility	610.2	14.97	
NumOperMic	0.0	0.00	
NumOperMic*PartMic	610.2	14.97	
Part-To-Part	177.5	<u>4.36</u>	
Total Variation	4075.7	100.00	

Source	StdDev (SD)	Study Var (5.15*SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	62.4360	321.545	<u>97.80</u>
Repeatability	57.3412	295.307	89.82
Reproducibility	24.7031	127.221	38.69
NumOperMic	0.0000	0.000	0.00
NumOperMic*PartMic	24.7031	127.221	38.69
Part-To-Part	13.3229	68.613	<u>20.87</u>
Total Variation	63.8416	328.784	100.00

Number of Distinct Categories = 0

Gage R&R (ANOVA) for MedMic

Gage name: Micrometro
 Date of study:
 Reported by: jm
 Tolerance: .0002
 Misc:



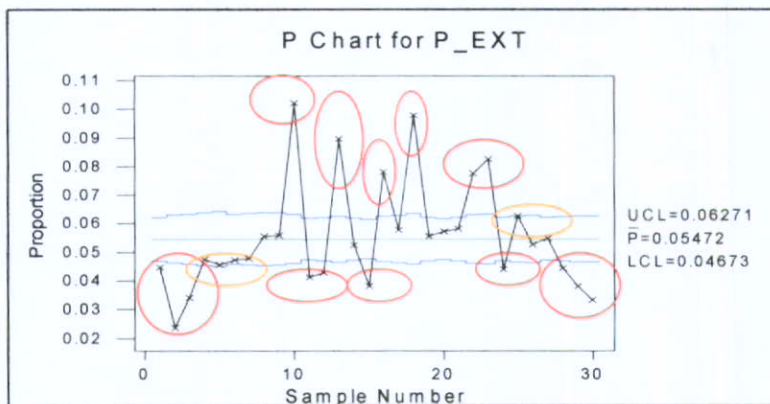
Aquí podemos ver que existe un alto porcentaje de variación atribuible al instrumento con un 95.64%, lo cual resulta crítico, por lo que se puede concluir que el micrómetro debe ser reparado, calibrado o sustituido por otro que si cumpla, además el instrumento aporta una variabilidad del 97.8% al estudio. Por otro lado la variación entre muestras es relativamente baja con tan sólo un 4.36%, y tan mal resultó la prueba que no existen categorías. En nuestra gráfica R, podemos ver que se sale de control, ésto nos indica que existe una diferencia en el procedimiento de medición del personal.

10.2.2 Datos discretos

En ambas pruebas la de color y la de rayas se observa inmediatamente que no existe un criterio muy bien definido entre los *medidores* de estas características, ya que existen diferencias en los resultados, cuando para aceptar la prueba deben concordar en su totalidad todos los resultados, en ambas pruebas dos de los intentos difieren al valor de aceptación previamente establecido.

10.3 Entendiendo la variación

En las gráficas P o de proporción de defectos para los datos obtenidos en la sección 9.6.1 presentan una alta variación, un alto número de puntos que caen fuera de los límites de control y otros se encuentran cercanos a los límites de control, éstos se muestran en rojo y naranja respectivamente en el siguiente gráfico referente al departamento de extrusión, se obtuvieron límites variables debido a que la producción fluctúa diariamente.



Se aplicó también una prueba de corridas para verificar la variabilidad de los datos y estos son los resultados:

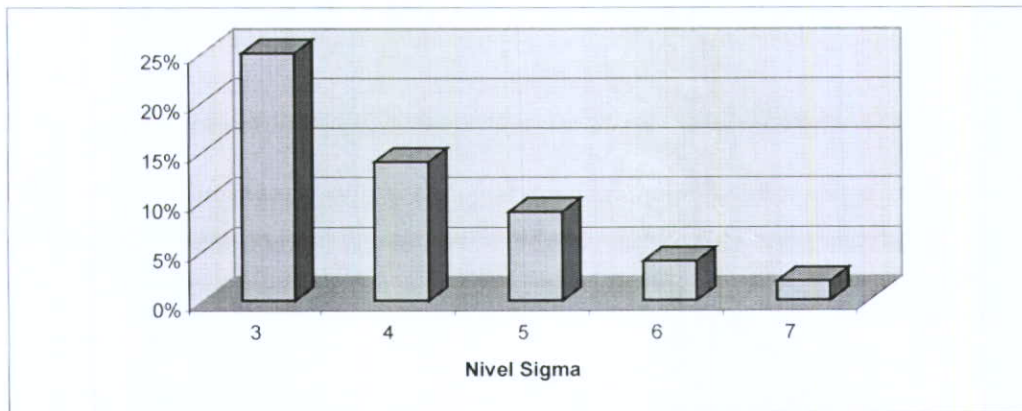
K = 0.0555

The observed number of runs = 9
The expected number of runs = 15.7333
13 Observations above K 17 below
The test is significant at 0.0108

Se rechaza y se puede concluir que no hay aleatoriedad en los datos por ser un $valor p = 0.0108 < \alpha = 0.05$, además de que el número de corridas esperadas difieren mucho de las que se calcularon y esta variabilidad puede ser atribuible a alguna causa especial.

10.4 Nivel Sigma y cálculo del Yield final y del Yield a través del proceso

En el cálculo del nivel Sigma, vimos que la empresa tiene un nivel del 2.76 lo cual quiere decir que los costos de calidad o de reparar problemas pueden estar entre un 25% a un 40% de las utilidades, por lo cual son muy altos, mientras que si la empresa operara a un nivel Seis Sigma podrá reducirlos a un 5% o menos como se muestra en la gráfica siguiente:



Tomado de *The Six Sigma Revolution* de Thomas Pyzdek

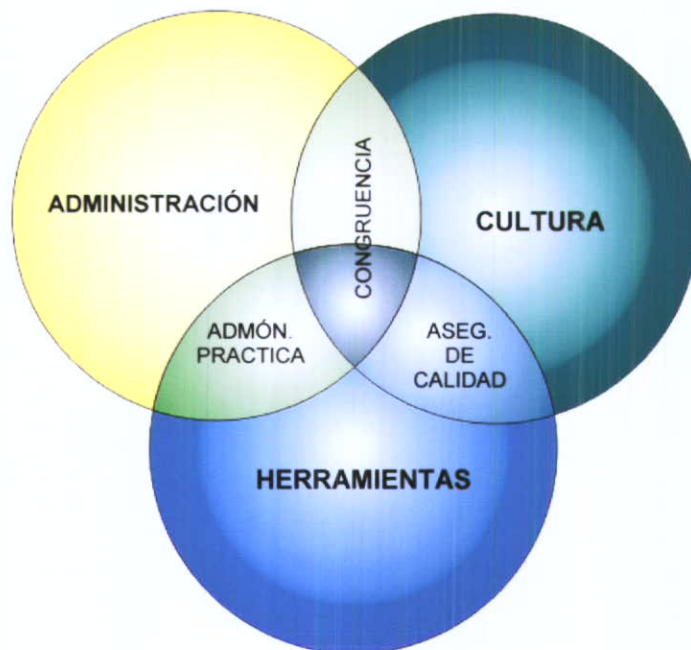
En el *yield* final calculado que es de un 89.7%, cae a un 72.9% cuando se calcula el *yield* a través del proceso, ello en tan sólo tres procesos (extrusión, impresión y balseo), lo que podemos ver es que cada departamento genera un alto nivel de scrap, y para lograr ese *yield* final es compensado con retrabajos, confirmando los comentarios anteriores de los costos por una calidad pobre.

10.5 Cálculo del OEE (Efectividad General del Equipo)

Con las condiciones actuales como son formatos, procedimientos, parámetros de operación insuficientes, falta de programación del equipo y un conocimiento preciso del scrap, no fue posible obtener el cálculo del OEE, Ya que todas estas condiciones son inexistentes no hay contra que comparar, por lo que ahora queda analizar las causas de la falta de esta mala operatividad, del sistema actual.

10.6 Entendiendo las causas de las fallas en el sistema de medición actual

Un sistema de calidad se compone primeramente de una directriz, políticas y estrategias formuladas por la Gerencia o Administración, de una cultura organizacional sana y de herramientas aplicadas que aportan información, tal como se muestra en el siguiente esquema:



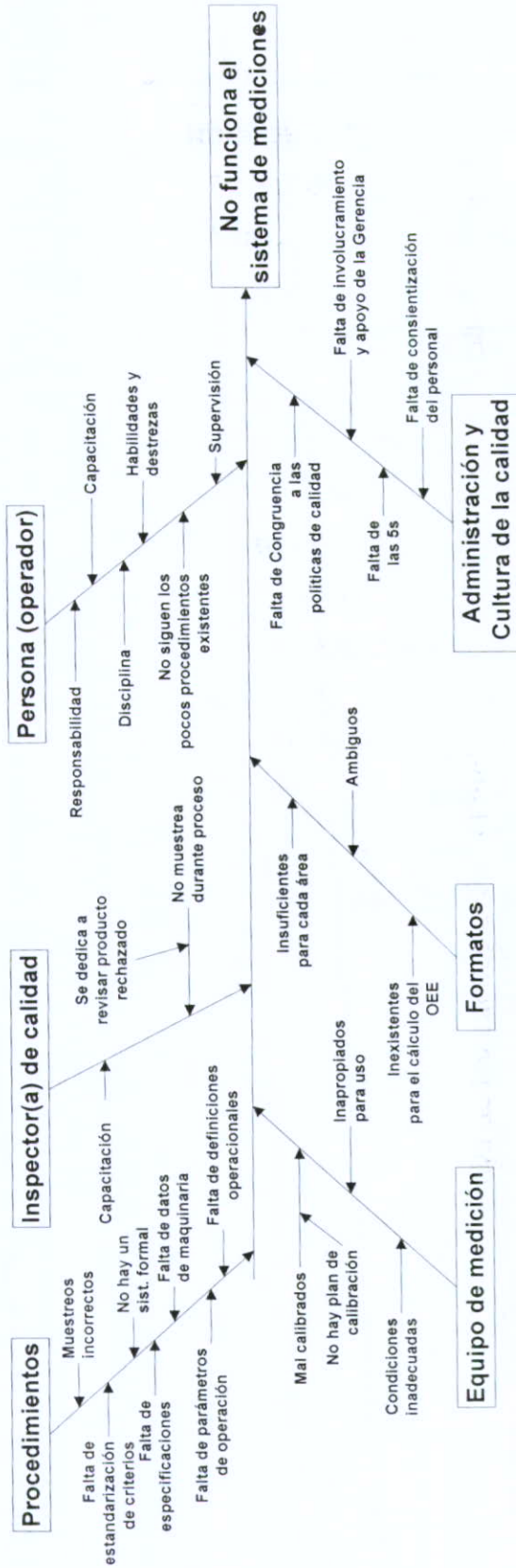
Adaptado del Manual de Calidad, Ing. Francisco Anguiano

Y para que esto pueda funcionar de forma apropiada es necesario que estos elementos se integren de forma conjunta y no queden aislados o se les de un mayor peso del necesario. Cada uno de los tres círculos se intersecta con otro, así que para que las directrices se lleven a cabo debe existir congruencia de la administración, no es posible que se establezcan políticas que la Gerencia no las cumpla, o no de un buen ejemplo ya que estas actitudes impactarán en la cultura de la empresa. De igual forma la Gerencia se debe basar en datos, herramientas para la toma de decisiones (administración práctica). Por último si sólo se implementa un

sistema de medición, un software u otra herramienta por sí sola no tendrá el impacto deseado y se perderán esfuerzos, las soluciones a los problemas serán sólo temporales y para ello, es necesario complementar con la cultura de la calidad y de esta forma dar paso al aseguramiento de calidad. El objetivo de la presente Tesis es el diseño de un sistema de medición que esté monitoreando la calidad y la eficiencia y desempeño de los equipos, pero no por ello se deja de tomar en cuenta los otros dos elementos, implementar un sistema completo de calidad se sale del alcance de la presente tesis.

Entendido de este modo, mediante una sesión y trabajo en equipo por parte del líder de proyecto, el Jefe de producción, el supervisor, la inspectora de calidad y tres operadores claves, mediante una tormenta de ideas, se determinaron las causas del mal funcionamiento del sistema actual, éstas se muestran en el diagrama de Ishikawa en la siguiente página, mismas que se detallan a continuación.

Diagrama de Ishikawa de las causas del mal funcionamiento del sistema de medición actual



10.6.1 Procedimientos

Primeramente en el sistema actual no hay una clara definición de las características de calidad que se tienen que verificar tanto en el producto como del proceso, y a algunas fallas o defectos se le atribuyen a los mencionados "ajustes". Algunas de las características que por experiencia se conocen, los criterios de aceptación o rechazo no están muy bien definidas como se vio en el estudio de *Gauge R&R* para atributos (color y rayado de material) y para datos continuos no existen en algunos casos tolerancias definidas, por lo que queda a criterio del inspector o del operador la aceptación o rechazo, al igual que al no existir un procedimiento estándar, cada quien tiene una forma de realizarlo, lo que provoca obtención de datos erróneos. No existe un plan de muestreo apropiado tampoco, y los que se realizan son de forma poco estandarizada, por lo que no existe un sistema formal de mediciones. De esta forma no hay Definiciones Operacionales, que nos digan qué medir, su especificación o criterio de aceptación válido para toda la compañía, método de inspección o medición, procedimiento y que tipo de ayuda necesaria para consultar en caso de dudas. Por otro lado en la operación de la maquinaria no están muy bien definidos los parámetros de operación de la maquinaria para los operadores, sólo los conocen el jefe de producción y en algunos casos simplemente se desconocen. De esta forma no es posible calcular nuestro OEE.

10.6.2 Inspector(a) de calidad

Durante las visitas a la planta y mientras realizábamos inspecciones y muestreos, en muchas ocasiones detectamos al inspector de calidad revisando material rechazado y retrabajado para detectar cual era posible rescatar, o ver que material se le puede enviar al cliente y cual definitivamente es scrap, así que de esta forma no realiza el trabajo que realmente tiene asignado: inspeccionar producto en proceso mediante muestreos y asegurar el cumplimiento de la calidad por un lado, y por otro al no existir criterios definidos de aceptación genera incertidumbre al respecto. También se observó que es necesario capacitarlo para que domine sus funciones.

10.6.3 Equipos de medición

En los estudios Gauge R&R, detectamos una alta variabilidad atribuible al micrómetro, lo que demuestra una falta de calibración, reparación o reemplazo del equipo, de la misma forma se preguntó el plan de calibración de las básculas y aunque en el estudio resultó satisfactorio su desempeño, no se debe de dejar de atender su calibración aunque sea de rutina, así que no hay un plan de calibración para asegurar que los resultados son reales y confiables. También se observó que las básculas no son las apropiadas para el trabajo que desempeñan, son básculas para uso comercial y no para uso industrial, por lo que deben ser más robustas y para uso rudo. La báscula de precisión no se encuentra en condiciones adecuadas ya que existe mucha vibración donde está ubicada, de tal forma que cuesta trabajo ajustarla a cero, y cuando se está pesando es difícil que llegue al equilibrio para poder determinar correctamente el peso.

10.6.4 Formatos

Como ya se mencionó anteriormente les falta un mejor diseño y algunos apartados, para la recolección de datos para el cálculo del OEE no existen, y para los registros de calidad en algunas áreas no existen simplemente. Los que existen no son claros o les falta estar apoyados en procedimientos y con ayudas o instrucciones.

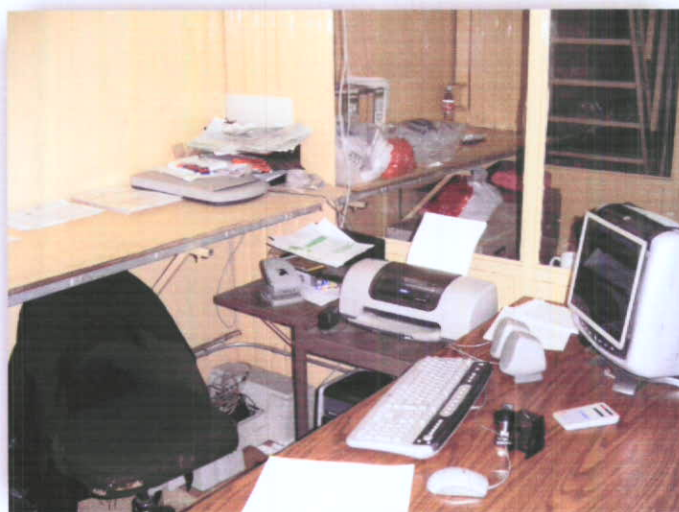
10.6.5 Administración y Cultura de Calidad

La administración no presenta directrices para el cumplimiento de su visión o de su política de calidad, se muestra preocupada por los problemas actuales pero no se ocupa realmente de ellos, todo cae dentro del personal de planta; jefe de producción, supervisores e inspector de calidad. Durante las sesiones de trabajo se observó una carencia de apoyo al sistema de calidad, incluso en una ocasión uno de los Directivos contradijo una decisión del jefe de producción, éste primero dio por aceptado material defectuoso y dio la orden de seguir produciendo, aún cuando la máquina estaba generando material de este tipo, estaba aceptando mala calidad

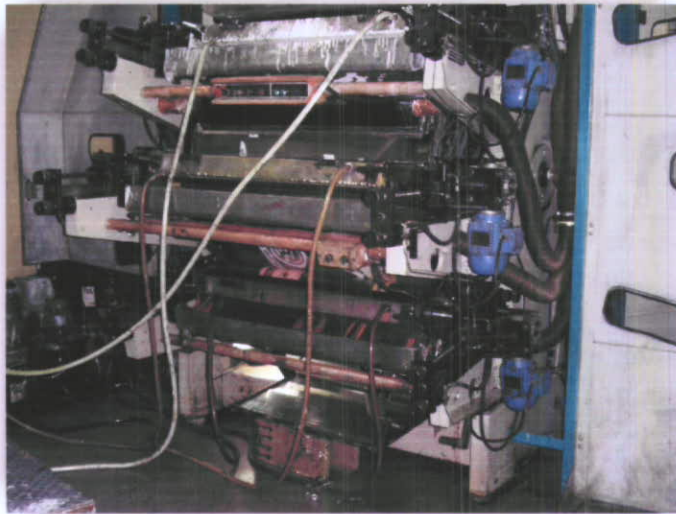
cuando el jefe de producción había rechazado ese material, es decir una falta de congruencia con la política de calidad, la justificación: "ya se ha desperdiciado mucho material y no es posible seguirlo tirando", todo ello en lugar de buscar la causa y evitar seguir fabricando material fuera de especificaciones.

Otro aspecto importante observado es la falta de orden y limpieza fundamentales en la Cultura de calidad para cualquier empresa productiva y con énfasis en la calidad, como se ha recalcado anteriormente y los resultados se reflejan en la variabilidad, desperdicios y otros problemas mencionados.

Enseguida se muestra la evidencia de la carencia de las 5s en esta empresa. Empecemos con la oficina del Jefe de Producción:



En ella observamos falta de orden, enseguida una maquina impresora, resulta evidente la falta de limpieza y por otro lado oculta la falta de mantenimiento preventivo.



Aquí se muestra un almacén de refacciones, en donde podemos apreciar la falta de orden, limpieza, material obsoleto y otro innecesario en el área.



Enseguida se muestra una de las estaciones de trabajo en el área de empaque:



Una de las áreas de almacén de materia prima:



En las últimas fotografías observamos material innecesario en el área, falta de delimitación de áreas, pasillos, estandarización de cada ubicación para cada material, falta de orden, una máquina fuera de lugar, etc.

Aquí se han presentado unas cuantas fotografías con el fin de dar a conocer un panorama general de las condiciones de la empresa y evidenciar la falta de las 5s.

10.6.6 Operadores

Considerando que no existen criterios muy bien definidos para la aceptación o rechazo de características de calidad, tolerancias, etc. No es de esperarse que puedan desempeñarse adecuadamente en la calibración y puesta a punto de sus equipos y en muchos casos busquen la aprobación del supervisor o del jefe de producción, para ello primero hay que definir estos criterios (definiciones operacionales) y después capacitarlos. También los formatos que les corresponde llenar, lo hacen de forma incorrecta, incompletos, y con falta de conciencia de la importancia que estos representan y no existe acciones disciplinarias o correctivas al respecto, por lo que es necesaria una mayor supervisión. Por otro lado cada operador tiene sus propios procedimientos de medición, como se demostró en el estudio Gauge R&R debido a la falta de estandarización, capacitación y a la falta de responsabilidad de los operadores en algunos casos, además de no existir programas de entrenamiento que les ayuden a mejorar sus habilidades.

11. Capítulo 4: Propuestas de mejora

Ya que se ha realizado la toma de la evidencia (medir) y realizado su investigación (análisis), es tiempo de darle solución a los problemas del sistema de medición actuales. En el proceso DMAIC, es una fase en la que se tiene que hacer uso de la creatividad, ya que una de las herramientas empleadas es la lluvia de ideas por parte de los jugadores involucrados en el problema. A continuación se presentan las propuestas generadas por el equipo y que las que fueron llegadas por consenso y que pretende atacar los problema desde la raíz, una vez que ya conocemos su causa en la etapa anterior, las soluciones propuestas se buscaron para que generaran el menor costo, pero un alto beneficio ya que éstas se basan más en el aspecto humano que en el tecnológico y representan una alta necesidad su implantación.

En la siguiente página se presenta un diagrama de flujo en donde se muestran estas propuestas, el diseño del sistema de medición comprende la parte de superior (cuadros remarcados), ésta será la base para la solución de los problemas actuales al sistema informal actual y la parte de media inferior (marcos con línea punteada), se sugiere a la empresa, para el seguimiento del sistema. Posteriormente se presenta a detalle cada etapa propuesta que partió del diagrama de Ishikawa de la etapa anterior.

Programa para la implementación del sistema de medición de la calidad propuesto

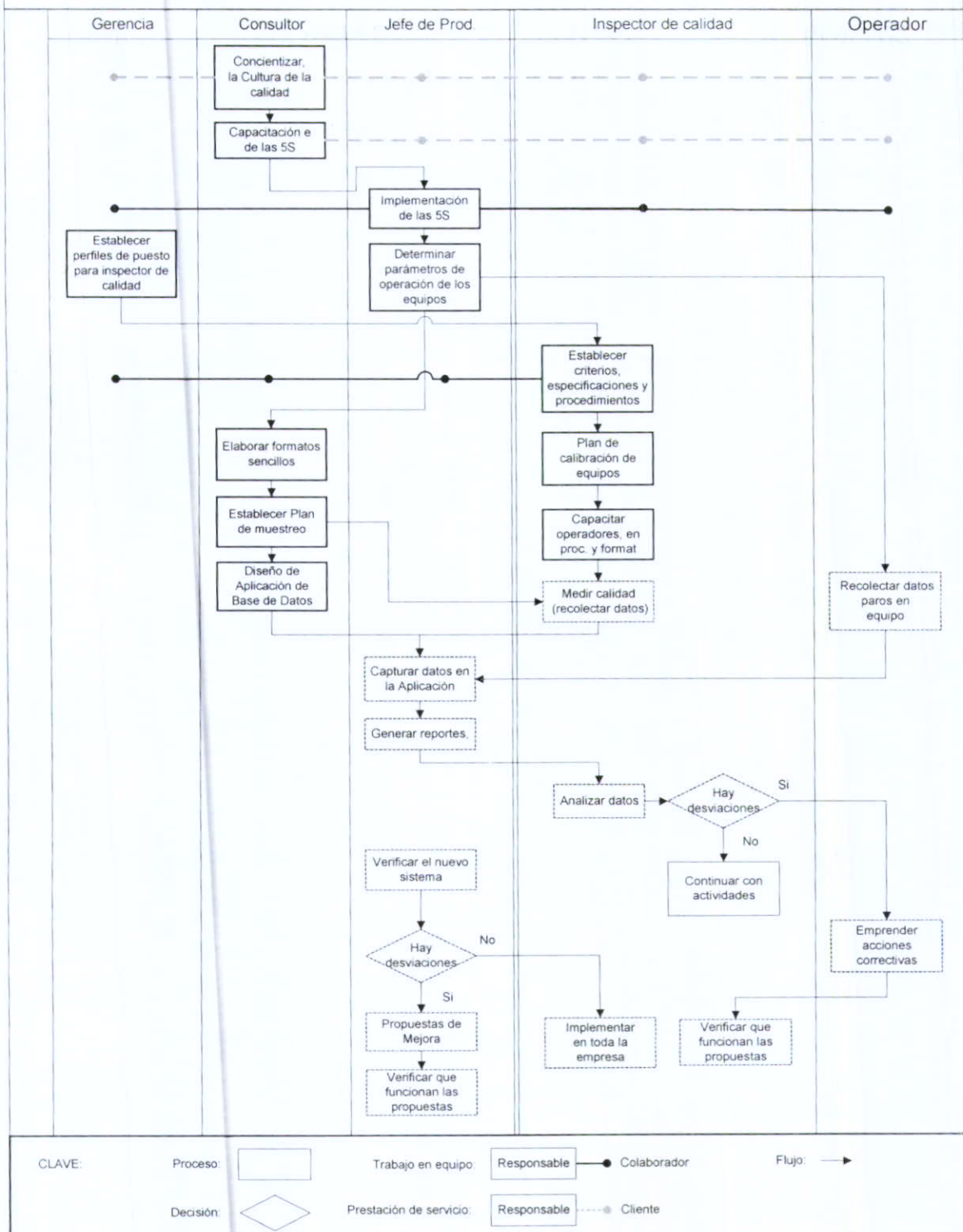


Diagrama de flujo de despliegue, con la propuesta del nuevo sistema.

11.1 Administración y Cultura de Calidad

Para lograr el cambio de la Cultura en toda la organización, se debe obtener lo que se habla, el conocimiento por parte de todos los integrantes de la organización de los valores y la misión es importante para poderlos cumplir. Ya que la cultura es el reflejo del líder, tener un Gerente motivado, congruente, creativo, transmite esos estados de ánimo al equipo. Entendiendo que sólo es posible un paso a la vez, y que la cultura tiene que fluir de arriba a abajo en forma paulatina, nivel por nivel. Si no hay liderazgo desde arriba, no se logrará nada. De igual forma no se le puede pedir responsabilidad a un empleado o grupo de estos si no se le otorga autoridad y confianza para que cumpla con su tarea. Por lo tanto es necesario para el logro de este cambio cultural, se llevará mediante el Método de Lewin⁶ por medio de los siguientes pasos:

- Descongelamiento: aquí se prepara al grupo para entrar al cambio mediante la explicación de la situación actual de la empresa, los problemas y todo lo necesario, con la información obtenida y los resultados de la etapa de análisis. Se busca que los empleados sientan que el problema es parte de ellos.
- Movimiento: es necesario efectuar el cambio necesario con el apoyo de la Administración, para ello, las 5S van a ser nuestro catalizador del cambio, que nos permitan la aceptación y su valoración, que llevarán a nuevos hábitos de trabajo.
- Recongelamiento: los hábitos introducidos en el punto anterior, al ser entendidos por todos, entran en el ámbito de la nueva cultura. La Administración tiene que reforzar el cambio, mediante políticas, reglamentos y procedimientos de evaluación del desempeño que le permitan una continuidad a los nuevos hábitos, para que de esta forma no se pierdan los esfuerzos y el movimiento se venga a bajo.

⁶ Cantú Delgado Humberto, *Desarrollo de una Cultura de Calidad*. p. 84

11.1.1 Descongelamiento

11.1.1.1 La alta administración

La educación de la Alta administración es un tema que resulta difícil de realizar, dados los paradigmas típicos que se han mencionado en este tipo de empresas familiares. Pero aunque este asunto no aparenta una relación directa con el tema central de la presente tesis, si resulta de vital importancia debido a que es la Administración la que determina las directrices del negocio, es la que asigna recursos y debe brindar apoyo a las gerencias o jefaturas, supervisores, etc. por lo que todo el éxito o fracaso de cualquier movimiento en favor de la mejora de la calidad o de la productividad depende de está. Así que resulta que la educación de este grupo debe tener una alta prioridad, pero vemos que el tiempo es limitado para ocuparse de toda actividad relacionada con estos temas y lo dejan a sus subordinados. Aquí buscamos preparar y concientizar a través de pláticas cortas, mostrarle los resultados de nuestros análisis, donde muestre la situación actual de la empresa, motivarla a prepararse dentro y fuera de la empresa en conjunto con todo el personal, además de considerar material de lectura adecuado. Enfocar a la administración en lo siguiente:

- Sólo a través del movimiento de calidad es posible solucionar los problemas de desperdicio y otros más.
- Que una vez eliminados o minimizados estos problemas es posible aumentar las utilidades
- Resaltar la importancia de la congruencia y sus consecuencias por la carencia de ella, al igual que su apoyo al nuevo sistema.
- Mostrar casos reales de resultados de empresas que se han visto beneficiadas por contar con un sistema de medición confiable, que les permite una buena toma de decisiones en base a esta información, ya sea con un sistema logrado por un movimiento Kaizen o Seis Sigma.
- Ayudarle a la formulación de planes estratégicos y sugerirle cómo se puede involucrar en el liderazgo de la implantación del nuevo sistema.

11.1.1.2 Los empleados

La Alta Administración ha comprendido esa necesidad de cambio, enseguida se tiene que involucrar a todos los empleados, de tal forma que entiendan los problemas actuales y cómo influye su desempeño en los resultados de la organización.

11.1.2 Movimiento

Las 5s es una metodología que ha logrado en muchas compañías en todo el mundo un ambiente de trabajo agradable, seguro y eficiente, además de permitir el correcto desempeño de las operaciones diarias, logrando mejores estándares del producto, reducir costos, elevar la moral del personal, además de ser uno de los pilares de Kaizen⁷. Las 5S se dividen en dos grupos: los orientados a las condiciones de trabajo y los que se orientan a la persona, como se muestra a continuación:

AMBIENTE DE TRABAJO	CLASIFICAR ORDEN LIMPIEZA	SEIRI SEITON SEISO	Mantener sólo lo necesario Mantener todo en orden Mantener todo limpio
PERSONA	ESTANDARIZAR SEGUIMIENTO	SEIKETSU SHITSUKE	Unificar a través de normas Mantener un comportamiento confiable

11.1.2.1 Clasificar

Clasificar es separar u ordenar por clases, tipos, tamaños, categoría o frecuencia de uso. Con esto logramos: utilizar los lugares que se despejan para propósitos diversos, descartar los elementos obsoletos, controlándose así su tiempo de vida útil, se elimina el exceso de tiempo de inventarios, movimientos innecesarios de personal y reducción del desperdicio. En esta etapa es necesario definir los criterios de clasificación como pueden ser por frecuencia de uso, tiempo de vida, cantidad a usar. Una vez establecidos es necesario determinar si son funcionales o no, hay más de los necesarios, están dañados o son peligrosos. Aquí se requiere una

⁷ Imai Masaaki, *Como implementar Kaizen en el sitio de trabajo (Gemba)*, p. 57

participación de todos, pero sobre todo de la administración, ya que he notado que no se quieren deshacer de materiales y maquinaria obsoletos.

11.1.2.2 Organizar

Organizar es ordenar un conjunto de objetos, partes o elementos dentro de un conjunto, en especial en una combinación que esté acorde con algún principio racional o con cualquier arreglo metódico de partes. Los beneficios son: menos accidentes por ayudas visuales, menos equivocaciones en uso de partes incorrectas, uso más eficiente de los recursos, al no perder tiempo buscando lo necesario. El procedimiento consiste en establecer códigos de ubicación en anaqueles, delimitar áreas de almacenamiento ya sea pintadas o físicas, establecer un código de colores como ayuda visual para los tipos de materiales (material defectuoso, peligroso, etc), pisos, mesas de trabajo, etc., ordenar los artículos mediante claves alfanuméricas o numéricas, determinar los lugares de almacenamiento por períodos de utilización; a la mano lo que se utiliza diariamente, luego lo de uso semanal, mensual, anual. Y por último asignarle un lugar específico a cada cosa.

11.1.2.3 Limpieza

Limpiar es el acto de quitar lo sucio de algo. Aquí se puede obtener primeramente una buena imagen de la empresa, ser una empresa de calidad, una empresa limpia y libre de grasa u otros materiales en pisos u otras superficies pueden evitar accidentes, se puede también notar fallas en la maquinaria, crear un ambiente agradable de trabajo, incremento en la vida útil del equipo y maquinaria y reducción de paros por falla de quipos y maquinaria. Eso se logra estableciendo un plan inicial de limpieza, y que por ser la primera vez será necesario incluso en algunas áreas parar el equipo por algunas horas o días, según sea el caso y de forma exhaustiva. Enseguida se establece un programa de limpieza rutinario, se definen los métodos de limpieza y de esta forma quitar el polvo y suciedad de todos los sitios de trabajo: pisos, paredes, techos, ventanas, cajones, estantes y maquinaria que se use durante operaciones diarias de tal forma que se cree un hábito, una disciplina.

11.1.2.4 Estandarización

Estandarizar es regularizar o fijar especificaciones sobre algo, a través de normas, procedimientos o reglamentos. Es indispensable que todos los empleados, desde la alta dirección hasta los operarios, estén enterados acerca de la metodología de las 5S y tengan a su disposición amplia información al respecto. Debe existir comunicación entre las áreas de la empresa, para que el interés comunitario, impulse a quienes no estén convencidos. La participación de todos los involucrados en el cambio debe darse desde las primeras etapas, a fin de lograr su compromiso. Estandarizar es darle continuidad a los tres pasos anteriores, verificando continuamente el desempeño y su cumplimiento.

11.1.2.5 Seguimiento

La disciplina es el apego a un conjunto de leyes o reglamentos que rigen ya sea a una comunidad, a la empresa o a nuestra propia vida; es el orden y control personal que se logra a través de un entrenamiento de las facultades mentales, físicas o morales. Su práctica sostenida desarrolla en la persona “disciplinada” un comportamiento confiable. El “autocontrol” es fundamental. De esta forma se logran los resultados esperados, desarrollar el concepto de satisfacción del cliente interno, lo que significa entregar de la manera esperada, los productos que quiera cada una de las partes del proceso, por medio de seguir los procedimientos estándares de operación a seguir por todos los empleados, llegar a cada empleado con la técnica de “aprender haciendo”, ser un humano integral. También es necesario que la gerencia de una capacitación continúa.

11.1.3 Recongelamiento

La metodología anterior ayuda al seguimiento completo de estas tres fases y logra constancia de los nuevos hábitos especialmente teniendo disciplina y constancia, pero la administración debe verificar que realmente se está llevando a cabo y darle seguimiento, y no que quede el movimiento en una moda pasajera, por lo tanto es necesario realizar auditorias internas que validen lo anterior, y al nuevo personal se

62361

le capacite también en la nueva cultura. Más adelante se muestra el calendario el programa de capacitación recomendado y a continuación se propone un programa de implementación de las 5S formulado entre la empresa y el líder de proyecto:

ID	Nombre de tarea	Jun 2004				Jul 2004				Ago 2004				Sep 2004				Oct 2004		Nov 2004			
		6/6	13/6	20/6	27/6	4/7	11/7	18/7	25/7	1/8	8/8	15/8	22/8	29/8	5/9	12/9	19/9	26/9	3/10				
1	Clasificar																						
2	Organizar																						
3	Limpiar																						
4	Estandarizar																						
5	Seguimiento																						

11.2 Procedimientos y especificaciones

En este punto se desarrollaron las definiciones operacionales y procedimientos. La meta es asegurar que todos los que registran las mediciones, inspeccionen las mismas características de calidad y lo hagan de la misma forma, de tal manera que se tengan los mismos criterios de aceptación del producto, algo que se carece, tal como lo vimos en la etapa de analizar. Evitando así ambigüedad y reduciendo las variaciones de medición, tanto en datos continuos como en discretos. De estos últimos se hizo un consenso para ser más específicos en características de rayas y tolerancia en la variación del color con respecto al Pantone.

Una definición operacional es una descripción precisa que nos dice cómo obtener el valor para la característica que se está tratando de medir, que esto incluye qué y cómo hay que medirlo. En el análisis QFD se obtuvieron las características específicas para la medición para una familia de productos, por lo que se detallarán algunos de los aspectos a medir más importantes de un ejemplo de dicha familia. En el Anexo 1 se muestra un resumen de las definiciones operacionales. Actualmente la empresa cuenta con un formato de ficha técnica de especificaciones para algunos

productos y con tan sólo con algunas características de diseño, por lo que simplemente sería necesario incluir en estas las especificaciones restantes.

Por otro lado, se determinaron los parámetros de operación de los equipos en base a la experiencia y algunos de los manuales originales de operación para las máquinas por las que es transformado nuestro producto plástico en baja densidad, para que después estos sirvan como modelo y se extiendan a los demás, para nuestro sistema de medición el más importante es la velocidad teórica de producción, misma que nos sirve para el cálculo del OEE. Estos son los parámetros determinados:

11.2.1 Parámetros de extrusión

Velocidad de producción: 0.97 Kg. /min.

Temperatura de cañón: 150° C

Portamallas y filtro: 160° C

Presión de los rodillos: 38 lb.

11.2.2 Parámetros de impresión

Velocidad de producción: 2.7 Kg./min.

Temperatura de secado: 40-50° C

Presión de rodillos: 30-40 lb.

11.2.3 Parámetros de bolseo

Velocidad de producción: 0.93 Kg./min.

Temperatura: 220° C

Presión de rodillos: 6-8 lb.

11.3 Formas de recolección de datos

En este tema nos enfocamos a elaborar las formas de recolección de datos sencilla y clara, de tal forma que todos operarios y personal de control de calidad no tuvieran

problemas en el llenado, para realmente obtener información confiable. El formato para la Inspección en proceso se presenta en el Anexo 2, se hace énfasis a la inspección de proceso más que una inspección de producto terminado, ya que de esta forma es posible detectar problemas a tiempo y tomar las medidas correctivas necesarias. Como dice Kaoru Ishikawa para poder llevar un buen manejo de datos es necesaria la estratificación: "Sin estratificación no puede haber análisis, ni control", de esta forma este formato ya cuenta con más categorías de defectos, se indica la máquina que produjo el material, hora, fecha, operador, además de quién inspecciona, el resultado de la inspección y la referencia a la especificación. El Anexo 3, muestra el reporte de producción para cada estación de trabajo o máquina, en el cual también se pueden anotar los Paros de maquinaria y el resumen para el Reporte de defectivo y de esta forma obtener el cálculo del OEE. Como complemento al formato anterior y con el fin de un buen control en el equipo se propone el uso de formato de Registro de parámetros (Anexo 4), de esta forma el inspector de calidad verifica que las máquinas estén operando de acuerdo a los parámetros establecidos.

11.4 Equipos de medición

Como se vio en la etapa de análisis es urgente la reparación o calibración del micrómetro, ya que con él se verifica el calibre de las bolsas y resulta obvio que no existe un plan de calibración, por lo que se investigó con proveedores de este servicio y se les pidió asesoría al respecto, así que se llegó a este programa de calibración para lo equipos empleados en la empresa para el control de calidad:

Equipo	Frecuencia de calibración
Micrómetro	Cada 6 meses
Bascula de precisión	Cada 12 meses
Flexómetros	A cada 4 meses reemplazarlos

Tabla 11.1 Programa de calibración

Otro aspecto importante que tenemos que considerar es el lugar donde se encuentra ubicada la báscula de precisión, donde existe mucha vibración y las corrientes de aire afectan las mediciones, se recomendó aislarla en otro lugar apartado.

11.5 Inspector(a) de calidad

Primeramente es necesario definir un perfil de puesto y analizar las actividades del inspector de calidad, para que de esta forma se dedique a los muestreos y no a revisar producto rechazado con el fin de “recuperarlo” para poderlo retrabajar. También por la carga de trabajo observada es necesaria la contratación de un inspector al menos, para que de esta manera se cubra los dos turnos de operación, se tiene un turno intermedio por lo que existen horarios en los que no se inspecciona por esta ausencia de personal

En estos niveles se requieren capacitar además de los procedimientos de medición, técnicas estadísticas, en los conceptos generales del sistema, gráficas de control, colaboración de equipo. Además algunos tienen que penetrar más allá, abarcando temas como pruebas de hipótesis, diseño de experimentos, análisis de correlación y metrología, apoyados con equipo de cómputo y software (ver tabla 11.2 programa de capacitación). Ya que han sido capacitados y entrenados en los nuevos procedimientos y criterios de medición, ellos a su vez deben ser capaces de entrenar a los operadores para que en un futuro ellos mismo inspeccionen la parte del proceso que realizan, buscando con ello calidad en la fuente.

11.6 Operadores

En este sentido tenemos que considerar el nivel general de estudios, que apenas es de la primaria. Y ya que su trabajo sólo se requiere que estos sigan procedimientos estándar de trabajo, no resultaría pertinente darles a conocer técnicas avanzadas que resultarán desmotivantes para estos. Así que los supervisores deben convertirse en entrenadores y la Administración media la que formule ese cambio de cultura. Aquí los operadores tienen que tener una toma de conciencia de la importancia de llenar adecuadamente las formas de recolección de datos correspondientes, a

continuación se presenta un programa de capacitación sugerido para toda la empresa:

	Cultura de la calidad	5S	Procedimientos	Técnicas Estadísticas	Trabajo en equipo
Gerencia	6	8	5	5	5
Jefe de producción	6	8	7	10	4
Supervisor de Calidad	5	8	7	15	4
Operadores	3	8	5	8	4

Tabla 11.2 Programa de capacitación (en hrs.)

11.7 Planes de muestreo

El control de aceptación es una parte necesaria de la fabricación, que se puede aplicar a la recepción de materiales, al proceso o al producto terminado. Gran parte de la aceptación se hace por muestreo, debido a que en muchas ocasiones es poco práctico o antieconómico hacer una inspección 100%, tal como resultaría la prueba de sello que es una prueba destructiva. Los métodos de aceptación por muestreo adecuados dan mejores resultados que la inspección al 100% y proporcionan bases para la toma de decisiones sobre los problemas de calidad. De esta forma se propone un esquema de muestreo que ayude a la empresa a esta toma de decisiones basadas en el AQL (nivel de calidad aceptable), ideadas por el ejército de los Estados Unidos apoyadas en el desarrollo del muestreo estadístico. Durante los años 1960 a 1962 un grupo de trabajo formado por agencias de EUA, Inglaterra y Canadá formularon la norma ABC-STD-105 internacional y que usaremos en el presente proyecto. En la norma ABC el AQL se define: "El AQL es el máximo porcentaje defectuoso (o número máximo de defectos por cien unidades) que, para fines de inspección de muestreo, puede considerarse satisfactorio como promedio del procesa". Para la empresa resulta adecuado un muestreo simple debido a su costo, tiempo e infraestructura comparada con muestreos dobles o múltiples que pudieran resultar para ésta.

11.7.1 Simbología:

N = número de piezas (o cantidad a granel) en un lote dado

n = número de piezas (o cantidad a granel) en una muestra

M = número de piezas defectuosas en un lote dado, de tamaño N

m = número de piezas defectuosas en una muestra dada, de tamaño n

c = número de aceptación, el número máximo permisible de piezas defectuosas en una muestra de tamaño n

p = fracción defectuosa, en un lote dado recibido

P_α = probabilidad de aceptación

β = riesgo del consumidor, la probabilidad de aceptar un producto de alguna calidad como indeseable.

11.7.2 Procedimiento

La inspección debe llevarse bajo el siguiente procedimiento:

1. Determinar el AQL
2. Formación de lote
3. Encontrar tamaño de muestra y el número de aceptación
4. Tomar muestra del lote
5. Examinar la muestra
6. Determinar si se acepta o se rechaza el lote
7. Disponer el lote
8. Revisar el plan de inspección

11.7.2.1 Determinar el AQL

Como actualmente se tiene un 12.8% de defectos, para empezar nuestro sistema determinaremos un AQL del 10% o un 0.10 esto representa mejorar la calidad en un 21.875% como exigencia interna y que es alcanzable y razonable. También por no existir antecedentes de inspecciones se considerará una inspección normal.

11.7.2.2 Formación de lote

En el caso de la empresa, ésta se maneja por pedidos, así que los pedidos que se puedan terminar el mismo turno serán considerados como el tamaño de lote, en los casos contrarios la cantidad total programada será nuestro tamaño N de lote o sublote.

11.7.2.3 Encontrar tamaño de muestra y el número de aceptación

Primero es necesario determinar la letra código del tamaño de muestra. La tabla del Anexo 6.1, reproducida de la norma ABC, da la relación entre el tamaño del lote y la letra código que determina el tamaño de muestra. Se emplearan los criterios de niveles de inspección general al lado derecho de la tabla, que se usan y se recomiendan en la mayoría de los casos según la norma, se empleará el Nivel II de inspección. Una vez determinada la letra código, ir a la tabla del Anexo 6.1 y en el cruce del nivel de calidad de 10 y nuestra letra código obtenemos nuestro c (columna Ac) y nuestro nivel de rechazo (columna Re). Por ejemplo, si tenemos un lote de 1000 Kg. le corresponde la letra $J = n = 80$ como tamaño de muestra y éste a su vez cruza con el AQL con $c = Ac = 14$ para aceptar y $Re = 15$ para rechazar este lote.

11.7.2.4 Tomar muestra del lote

Se deberá extraer una muestra de tamaño n (continuando con el ejemplo igual a 80). Esta muestra deberá ser tomada de manera tal que represente al lote lo más fielmente posible como podría ser: 1) tomar la muestra de forma que de que sienta que la muestra tiene la misma posibilidad de ser tomada, como si se estuviera haciendo con ojos cerrados, 2) tomar la muestra del (los) rollo(s) de tal manera que se pueda elegir del principio, del medio o del final del mismo, esta se puede dividir entre el número total de rollos del pedido y 3) esto se puede modificar en función a los costos y factibilidad de este método de inspección.

11.7.2.5 Examinar la muestra

Probar cada unidad de la muestra en base a las especificaciones y determinar el número de unidades defectuosas encontradas en la muestra.

11.7.2.6 Determinar si se acepta o se rechaza el lote

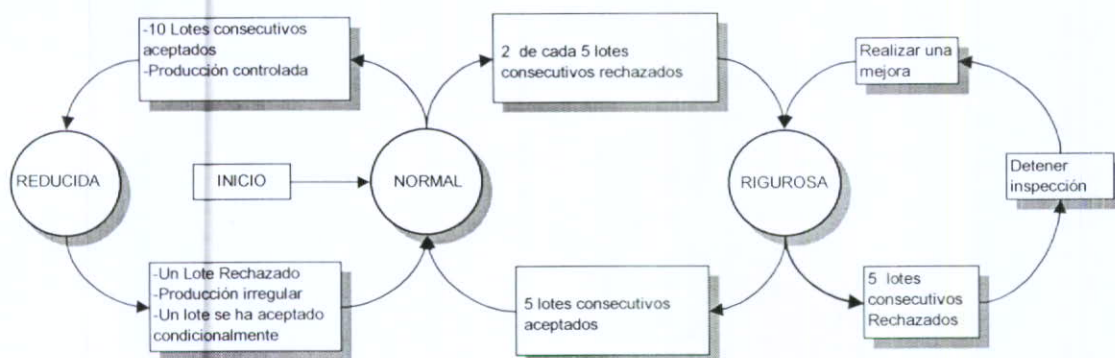
Si el número de unidades defectuosas es igual o menor que c , aceptar el lote, si es mayor rechazar.

11.7.2.7 Disponer el lote

Aquellos lotes que fueron aceptados se les pueden considerar como liberados y podrán continuar el proceso, los lotes que han sido rechazados, se segregarán y no podrán ser presentados al proceso siguiente tal como están, se analizarán las causas para su corrección.

11.7.2.8 Revisar el plan de inspección

Debido a que siempre esta presente la variación en los procesos, es necesario hacer ajustes en el plan de inspección de acuerdo al historial de calidad obtenido en los muestreos. Primeramente se inicia con un muestreo normal, ya que así lo determina la norma, además de no haber historia. El demás proceso se detalla enseguida y se resume en la siguiente figura:



Pasos para ajustar la rigidez de la inspección

Se cambiará a una inspección rigurosa (Tabla del Anexo 6.3) si 2 de cada 5 lotes consecutivos son rechazados por la inspección normal, pero si después se estabiliza el proceso y mediante la inspección rigurosa se aceptan 5 lotes consecutivos se regresara a la inspección normal. Pero si se rechazan 5 lotes en este tipo de muestreo se tendrá que detener la inspección y el proceso para poder corregir los problemas. Por el contrario si 10 lotes consecutivos son aceptados con inspección normal, la producción es uniforme, el número total de piezas defectuosas (o defectos) en las muestras de los 10 lotes precedentes es igual o inferior al número aplicable al dado en la Tabla W del Anexo 6.5, se cambiará a muestreo reducido (Tabla del Anexo 6.4). Y este último sería cambiado a uno normal en el caso que tan sólo un lote sea rechazado, la producción es irregular o un lote ha sido aceptado bajo condicionamiento.

11.8 Aplicación de Base de Datos

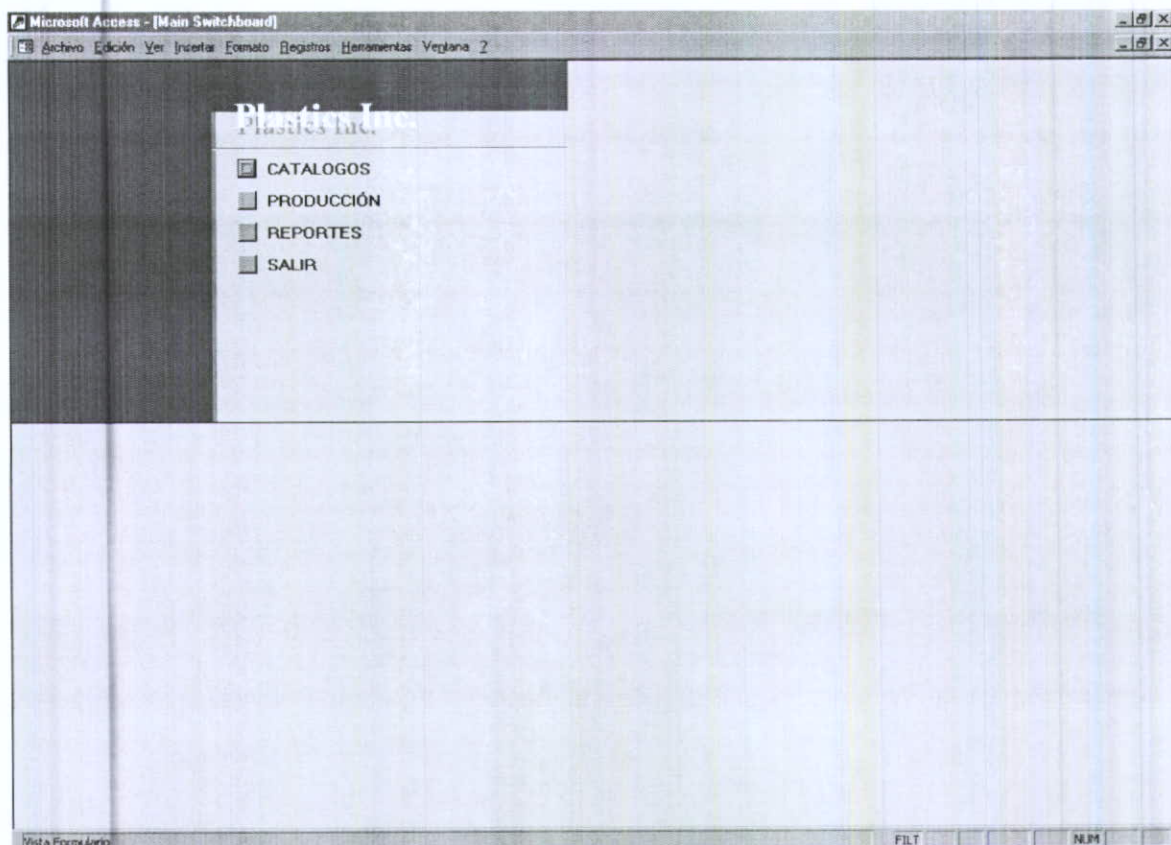
Ya que a este momento fue definida la infraestructura del sistema formal de mediciones, ahora si es posible sugerir el uso de la computadora que nos ayudará a llevar los registros del sistema. Aquí considero esta aplicación sólo como una herramienta de apoyo y no se debe entender ésta como el fin último del rediseño del sistema.

La base de datos se compone de tres módulos principales:

- Catálogos: en donde se da de alta operadores, maquinaria y sus parámetros, tipo de defecto, códigos de paros, productos, etc.
- Producción: aquí se captura y se controlan los pedidos de producción, se registra la actividad y paros de los equipos, además del defectivo.
- Reportes: una vez capturada la información el sistema puede generar reportes estratificados por período específico de defectos y cálculo del OEE (diario, semanal, mensual o anual) como pueden ser por producto, pedido, máquina, operador, área o proceso y turno.

Una vez con esta información en mano los responsables del proceso de producción y la calidad pueden analizarla y en los casos necesarios emprender las medidas correctivas.

A continuación se muestran solamente la pantalla principal de la Aplicación y enseguida la pantalla de captura de Datos (producción, defectos y paro de maquinaria), en esta última se observa un ejemplo en el que el sistema calcula automáticamente nuestro OEE.



Pantalla principal de la aplicación

Microsoft Access - [FormProducción]

Archivo Edición Ver Insertar Formato Registro Herramientas Vistas 2

Fecha: 13-Mar-04 Turno: 2 Operador: GABRIEL OCHOA PARRA

CodDen: AD Num Maquina: 5 EXT01 Numero de Ayudantes: 1
 MinPro: 450 Producción real: 1,051.00
 Producto: 000-005-049

ProdMaq: 000-005-049EXT01
 ProdMin: 4.00

Paro Maquinaria		Defectos	
CódigoDeParo	Duración	CódigoDeDefecto	Cantidad
COT	30.00	PP	90.5
*	0.00	*	0

Total de paro: 30.00 min Total de defectivo: 90.500 kgs.

Disponibilidad: $\frac{420.0}{450.00} = 93.33\%$ Desempeño: $\frac{1,141.50}{1,680.00} = 67.95\%$ Yield: $\frac{1,051.000}{1,141.500} = 92.07\%$ OEE: $\frac{1,051.000}{1,680.00} = 58.39\%$

Registro: 1 de 20

Pantalla de captura de producción, defectos y paro de maquinaria

1. Fecha de registro, para histórico de los datos.
2. Turno de la producción
3. Nombre del operador responsable que produjo el material
4. Minutos programados para el pedido
5. Número de máquina (el sistema automáticamente determina el proceso o área)
6. Producción real o buena
7. Clave de producto elaborado según el pedido
8. Captura de los paros del equipo: tipo y duración
9. Captura de los defectos: tipo y cantidad
10. Cálculo automático de la disponibilidad del equipo
11. Desempeño del equipo calculado de forma automática
12. Cálculo del Yield, de igual forma al anterior
13. Cálculo del OEE automático, de esta forma es posible determinar acciones a emprender.

12. Conclusiones

Durante el desarrollo de la presente tesis estuve rodeado de pequeñas dificultades, primeramente algunos conceptos y herramientas de la metodología empleada en la práctica, me resultaron más complicadas de lo que se vieron en el aula, así que tuve que documentarme más de lo esperado y algunos tiempos programados se extendieron un poco. Por otro lado ví los problemas culturales en la organización, y debido a esto no seguían indicaciones ni cumplían a tiempo sus tareas encomendadas. La falta de un sistema de calidad estandarizado y la falta de apoyo de la Gerencias fueron unas pequeñas barreras encontradas, pero los integrantes del equipo de proyecto respondieron muy bien.

Otra dificultad fue, estar diseñando la aplicación de bases de datos para la información recolectada simultáneamente con el diseño del sistema de medición, ya que tenía que estar resolviendo y pensando sobre ambas cosas y con un tiempo limitado, pero era prioridad tener un sistema de medición muy bien definido antes de instalar la aplicación y alimentarla con datos erróneos que nos llevarían a la resolver los problemas.

A pesar de las dificultades antes mencionadas se lograron los objetivos planteados, el diseño del sistema de medición que es la base para poder obtener información para encontrar las causas, pero no se resolvió la problemática: desperdicio, paro de maquinaria, que hubiesen superado las expectativas.

De igual forma Se cubrieron mis metas personales, más de lo que esperaba, aprendí a usar mejor la metodología de Seis Sigma y Kaizen, y las mismas metodologías me ayudaron a entender más rápido el proceso y su problemática, aprendí también a usar nuevas herramientas muy útiles y poderosas (VOC, QFD, CTQ, modelo Kano, estudios Gauge R&R, etc.) empleadas en el proceso DMAIC.

La metodología de Seis Sigma o proceso DMAIC integrados con algunos puntos de Kaizen resultó muy adecuada para el propósito de la presente Tesis, pero fue muy

difícil darle seguimiento por los problemas culturales y la falta de un sistema de calidad antes mencionados, que me hubiesen permitido no sólo el diseño del sistema de medición sino también su implantación (incluso se hubiese omitido este paso), sino que se hubiesen resuelto los problemas actuales, por lo que se partió prácticamente de cero.

Para un futuro en lo personal me será de gran utilidad el dominio de proceso DMAIC en la resolución de problemas, su prevención y el mejoramiento de los sistemas. Otro punto importante fue ¿cómo integrar algunos de estos puntos de ambas metodologías?, por todos los problemas encontrados durante su desarrollo, y en varias ocasiones fue necesario dar un nuevo enfoque a mis ideas pero sin despegarme de la línea planteada, por lo que me sentí en ocasiones confundido y sin rumbo. Las etapas más complicadas fueron las de definir y la de medir, al igual que cuando pretendía resolver el problema del desperdicio y los paros de maquinaria al mismo tiempo, pero el objetivo de la presente tesis es otro distinto.

Con el sistema funcionando correctamente, ya será posible con las propuestas planteadas, obtener reportes confiables de la aplicación de base de datos, que nos de información adecuada para la resolución del problema del desperdicio y paros en la maquinaria que es un nuevo proyecto que se desprende de esta Tesis, aplicando trabajo en equipo y siguiendo el ya conocido modelo DMAIC. También por las observaciones durante el presente proyecto en la empresa, se le sugiere un mejoramiento de su OEE, estudiando las causas principales de sus paros de maquinaria y cuyas respuestas a éstos se pueden lograr implementar un programa de TPM y talleres de SMED.

También para poder establecer sus correctos parámetros de operación y poder optimizar la eficiencia de los equipos se podrían llevar a cabo diseños de experimentos para las condiciones de operaciones actuales (temperaturas, presión

en rodillos, velocidad de producción, etc.): Y por último pero más importante, embarcarse en un proyecto TQM, para mejorar la calidad actual.

13. Bibliografía

1. CANTÚ D. Humberto (2001) **Desarrollo de una Cultura de Calidad, México.** McGraw-Hill.
2. CENTRO DE CALIDAD (1992) **La ruta de la calidad, México.** ITESM.
3. DIVISIÓN DE GRADUADOS (1992) **Las 9s, México.** ITESM.
4. FORREST W. Breyfogle III (1999) **Implementing Six Sigma Smarter Solutions using Statistical Methods, E.E.U.U.** John Wiley & Sons
5. GONZÁLEZ M. E. (2001) **QFD, La función Despliegue de la Calidad, México.** McGraw Hill.
6. GRANT Eugene L., LEAVENWORTH Richard (1984) **Control estadístico de Calidad, México.** CECSA.
7. GUTIÉRREZ P. Humberto (1992) **Control Total de Calidad, Estrategias de mejora y herramientas básicas, México.** Universidad de Guadalajara.
8. HARRY Mikel, SCHOROEDER Richard (2000) **Six Sigma, The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing The World's Top Corporations, E.E.U.U.** Currency.
9. HAY Eduard H. (1998) **Justo a Tiempo, México.** Norma.
10. IMAI Masaaki (1998) **Como Implementar Kaizen en el Sitio de Trabajo (Gemba) México.** McGraw-Hill.
11. IMAI Masaaki (2003) **Kaizen, La Clave de la Ventaja Competitiva Japonesa, México.** Compañía Editorial Continental.
12. ISHIKAWA Kaoru (1993) **Control Total de Calidad, México.** Norma.
13. JURAN J. M. (1995) **Análisis y Planeación de la Calidad, México.** McGraw-Hill.
14. MONTGOMERY Douglas C., RUNGER George C. (2000) **Probabilidad y Estadística aplicadas a la Ingeniería, México.** McGraw-Hill.
15. NAKAJIMA Seiichi (1988) **Introduction to TPM, Total Productive Maintenance, E.E.U.U.** Productivity Press.
16. PANDE Peter S., NEUMAN Robert y CAVANAUGH Roland (1999) **The Six Sigma Way, Team Field book, E.E.U.U.** McGraw-Hill.

17. POZO P. Augusto (1992) **Las 7 Herramientas Básicas**, México. ITESM.
18. SOCCONINI Luis, BARRANTES Marco (2003) **El proceso de las 5's en acción**, México. Series para la mejora de la Calidad y Productividad.
19. The productivity Development team (1999) **OEE for operators: Overall Equipment Effectiveness**, E.E.U.U. Productivity.
20. WILLIAMS Mary A., BERTELS Thomas, DERSHIN Harvey (2001). **Six Sigma Pocket Guide**, E.E.U.U. Rath & Strong Management Consultants.

Sitios Web consultados

1. [www.issixsigma.com / library](http://www.issixsigma.com/library)
2. www.mazur.net
3. www.seektolearn.com

14. Glosario

AQL: Acceptable Quality Level - Nivel aceptable de Calidad. Es una práctica entre clientes y proveedores que permite a los proveedores entregar un determinado porcentaje máximo de productos defectuosos.

Aceptar. Si en las inspecciones el producto cumple con las características de calidad especificadas, se dice que el lote se aprueba o se acepta.

Actividades de grupos pequeños. Actividad de grupo en la zona de producción para resolver problemas que surgen en su propio lugar, generalmente se conforma de 5 a 10 trabajadores. Sus actividades son similares a la de los círculos de calidad, mejoramiento de la calidad, reducción de costos, además de actividades recreativas y otras actividades sociales.

Administración. Se refiere a los altos mandos administrativos o gerenciales encargados de establecer las políticas y planes estratégicos de la empresa.

ANOVA: Analisis of variance - Análisis de Varianza. Es una técnica estadística general que puede ser usada para probar una hipótesis de que las medias de dos o más grupos y factores son iguales, bajo el supuesto de que ambas poblaciones están normalmente distribuidas

Aplicación de base de datos. Software diseñado en una base de datos que se emplea para el manejo de grandes volúmenes de información de forma personalizada.

Aseguramiento de calidad. El conjunto de las actividades planeadas formalmente para proporcionar la debida certeza de que el resultado del proceso productivo tendrá los niveles de calidad requeridos, a través del involucramiento de todo los departamentos de la organización en el diseño, la planeación y ejecución de políticas de calidad.

Benchmarking. Estudio cuyo objetivo es conocer las características del producto de la competencia, así como las prácticas y procedimientos que las empresas más competitivas usan para hacerlo.

Calidad de conformancia. Conjunto de características dadas a un producto durante su proceso de elaboración, y que deberán estar de acuerdo con lo especificado en su diseño.

Calidad de diseño. Conjunto de características que satisfacen las necesidades del consumidor potencial y que proporcionan al producto factibilidad tecnológica de fabricación.

Causas de variación. Son los factores que provocan la variabilidad en los procesos y éstas pueden ser comunes o especiales. Las causas comunes son inherentes al proceso y deberán ser consideradas durante su diseño. Las causas especiales de variación son factores externos al proceso.

Cero defectos. Programa desarrollado por Crosby inicialmente en la compañía Martín orientado hacia la motivación y concientización de los trabajadores para realizar el trabajo “bien a la primera vez”.

Círculos de calidad. Son un tipo especial de trabajo en equipo, cuyo propósito es identificar, analizar y resolver problemas relacionados con el trabajo de los miembros del equipo con el objeto de mejorar su productividad y calidad.

Cliente. Puede ser una persona u organización que recibe un producto o servicio, el cliente puede ser externo a la empresa o puede ser interno, que forma la parte subsiguiente de un proceso.

Competividad. Capacidad de operar con ventajas relativas con respecto a otras organizaciones que buscan los mismos recursos y mercados, en donde los consumidores son cada vez más demandantes de calidad, precio y respuesta de entrega.

Conformidad. Indicio o juicio afirmativo de que un producto o servicio ha logrado los requerimientos de una especificación, contrato o regulación pertinentes.

Control de calidad. Es un sistema que permite que las características de un producto o servicio satisfagan en forma económica los requerimientos del consumidor.

Control de proceso. Monitoreo periódico del proceso encaminado a detectar si alguna variable no está operando dentro de los rangos permisibles, lo que llevará a establecer acciones para devolverla a su nivel ideal.

Costo. Es todo tipo de muda presente en un proceso.

CTQ: Critics To Quality-Critico Para la Calidad. Características generales de calidad que el cliente considera importante o atractivo del producto y que posteriormente se interpretan de forma específica y técnica para su medición.

Cultura. Patrón por el cual todos los individuos que pertenezcan a un grupo o sociedad son educados e incorporados a la actividad de la misma. La cultura es móvil y dinámica a través del tiempo y cambia en función de los retos a los que responden los grupos. Cultura es todo aquello que influye el conocimiento, las creencias, el arte, la moral, el derecho, las costumbres, el lenguaje, la conducta y cualquier otro hábito y capacidad adquirida por el hombre, por el hecho de ser miembro de esa sociedad.

Cultura de calidad. Es el conjunto de valores y hábitos que, complementados con el uso de prácticas y herramientas de calidad en el actuar diario, permite a los miembros de una organización contribuir a que esta pueda afrontar los retos que se le presentan en el cumplimiento de su misión.

Cultura organizacional. Sistema de símbolos compartidos y dotados de sentido que surgen de la historia y operación de la compañía, de su contexto socio cultural y de sus factores contingentes (tecnología, tipo de industria, etc.). Es el clima de sentimientos que viven en una organización debido al medio físico y a la forma en que integran y actúan sus miembros entre sí y con externos.

Datos continuos. Es toda aquella característica medible que puede dividirse en un infinito número de partes, como la longitud, el tiempo, el peso, etc.

Datos Discretos. Es toda aquella característica medible que puede dividirse en un pequeño grupo de categorías que no se traslapan entre sí, como por ejemplo tipos de carros, rayado o no rayado, número de personas, etc.

Defecto. Es la característica de calidad que no ha sido cumplida respecto a su especificación.

Desempeño del equipo. Es la proporción entre las producción elaborada por una máquina entre las piezas que debieron haber salido teóricamente y representada en forma de porcentaje.

Despliegue de políticas. Procedimiento utilizado para fijar objetivos o metas en todos los procesos de la cadena de valor, que podrán ser cumplidas mediante la plantación y la ejecución de las actividades y proyectos de mejoramiento apropiados.

Diagrama de afinidad. Es un método que usa la afinidad de las palabras relacionadas con el asunto bajo análisis, de una manera parcial o gradual con el fin de entender sistemáticamente la estructura de un problema. Utilizando palabras que expresen el hechos, ideas u opiniones similares y que ayudan a clarificar problemas importantes.

Diagrama de causa -efecto o de Ishikawa. También son llamados “espina de pescado” por la forma que adquiere. Son una manera gráfica de representar el conjunto de causas potenciales que pudieran estar provocando el problema bajo estudio. Se utilizan para ordenar los resultados de un proceso de lluvia de ideas, al dar respuesta alguna pregunta inicial.

Diagrama de Pareto. Es una herramienta utilizada en programas de mejoramiento de calidad para identificar y separar en forma crítica las pocas causas que generan el mayor número de efectos o problemas y deben su nombre Wilfredo Pareto, quien observó que el 80% de la riqueza de una sociedad estaba en manos del 20% de las familias.

DMAIC: Define Measure Analice Improve Control – Definir, medir, analizar, mejorar, controlar. Proceso de mejora de la calidad y productividad desarrollado por Motorola.

DPMO: Defects Per Million of Oportunities- Defectos Por Millón de Oportunidades. Es un cálculo de defectos por unidad que incluye el número de oportunidades de fallo. $DPMO = D/(UXO) \times 1'000,000$

Entrega. Se refiere a satisfacer el envío así como los requerimientos de volumen del cliente.

Estandarizar. Es una de las tres bases de las actividades del Gemba Kaizen y significa documentar la mejor forma de realizar el trabajo.

Estratificación. Procedimiento que permite distinguir los diferentes estratos de dónde proviene la información por medio de colores o símbolos haciendo esta información útil para un análisis complementario o posterior.

Flexómetro. Cinta metálica graduada en el sistema decimal cuya fracción es el milímetro y que se puede enrollar en su mismo contenedor.

FMEA: Failure Mode and Efect Analisis- Análisis de formas y sus Efectos. Es un instrumento analítico que se utiliza para predecir y eliminar por adelantado cualquier defecto potencial en el diseño de un nuevo producto mediante el análisis de los efectos de las formas de fallas de las partes componentes en el desempeño de producto final.

Formatos. Son las formas impresas en papel que sirve para la recolección de datos, también se conocen como hojas de verificación.

Fracción defectuosa. Es la proporción de la producción que no cumple con las especificaciones.

Gauge R&R. Es un estudio del sistema de medición que busca determinar la exactitud, repetibilidad, reproducibilidad, estabilidad y linealidad, y determinar las causas de variación ya sean atribuibles al instrumento o a procedimientos.

Gemba. Palabra japonesa que significa "lugar real", y adaptada en la terminología gerencial para referirse al "lugar de trabajo", o aquel lugar donde se agregue valor. En manufactura se refiere a la zona de producción o taller.

Grafica de control. Técnica estadística utilizada como pilar fundamental en el control estadístico de procesos, cuyo objetivo primordial es indicar oportunamente la probable presencia de causas especiales de variación.

Housekeeping. Es el buen mantenimiento y ambiente laboral, uno de sus pilares son las 5S.

Inspección. Actividad orientada a la detección y solución de los problemas generados por la falta de uniformidad y de cumplimiento con las especificaciones del producto.

JIT: Just In Time- Justo A Tiempo. Sistema diseñado para lograr la mejor calidad posible, costo y entrega de productos y servicios, eliminando todo tipo de *muda* en los procesos internos de la empresa y entregando productos justo a tiempo para satisfacer los requerimientos de los clientes, originalmente desarrollado por Toyota Motor Company, también es conocido por sistema de producción Toyota, producción ágil y sistema *kanban*.

Jugador. Aquí lo empleo a todos los que participaron en el equipo de mejora.

Kaizen. Término japonés que significa mejoramiento en todos los aspectos de la vida, se fundamenta en el uso constante y permanente, en todas las actividades de la organización, basada en un sinfín de herramientas como son JIT, TPM, SMED, etc.

Kanban. Es una tarjeta que se emplea como una herramienta de comunicación en el sistema justo a tiempo para la producción por lotes, principalmente pequeños. Se agrega un *kanban* a un determinado número de partes o productos en la línea de producción, dando instrucciones de la entrega de una determinada cantidad. Cuando todas las partes han sido utilizadas, el *kanban* se devuelve a su origen donde se convierte en una orden de producir más.

Las 5S o 5S. Lista de verificación para un buen mantenimiento de la empresa a fin de lograr un mayor orden, eficiencia y disciplina en el lugar de trabajo. Se deriva de

las palabras japonesas *seiri*, *seiton*, *seiso*, *seiketsu* y *shituke* (clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y disciplina respectivamente).

Lluvia o tormenta de ideas. Procedimiento cuyo objetivo es producir una lista de ideas mediante la participación y equilibrada de los miembros de un equipo.

Medición de la calidad. Los resultados de calidad, tangibles e intangibles deberán ser evaluados con el establecimiento de indicadores y métodos de análisis estadístico, para cada actividad y de proceso en toda la compañía que mira los problemas de calidad reales y potenciales.

Mejoramiento continuo. El mejoramiento continuo o *Kaizen*.

Micrómetro. Instrumento de medición que su escala más pequeña alcanza 0.0001 de pulgada y se emplea para ver el calibre de un material.

Misión. Estatuto que define, cuál es el fin de una organización y a lo que se pretende dedicar en el presente. La misión describe desde la perspectiva del corto plazo, la necesidad específica que satisface el producto o servicio de la compañía, su mercado, la tecnología utilizada y todos los demás recursos.

Modelo de Kano. Representación gráfica que nos indica después de escuchar la voz del cliente, que características considera éste como normales, cuales otras son entre más es mejor el producto y cuales son adicionales o le dan una ventaja competitiva a éste.

Muda. Palabra japonesa que significa "desperdicio" que, cuando se aplica a la administración del lugar de trabajo, se refiere a una amplia gama de actividades que no agregan valor. Los tipos de desperdicio son por sobreproducción, inventario, productos defectuosos, movimiento, procesamiento, espera, transporte y tiempo.

Muestreo. Es sacar un grupo de unidades para su inspección y son representativas de un lote.

Mura. Palabra japonesa que significa variabilidad o irregularidad

Muri. Palabra japonesa que significa tensión, agotamiento o dificultad.

OEE: Overall Effectiveness Equipment- Efectividad General del Equipo

Operador. Es la persona responsable de trabajar un equipo o maquinaria.

Oportunidad. Se refiere a todas las posibles ocasiones del proceso en las que se puede cometer un error o defecto, y no las diferentes formas que esos errores pueden ser cometidos.

PHVA: Planear-Hacer-Verificar-Actuar. Pasos básicos a seguir para lograr el mejoramiento continuo o kaizen.

Planeación estratégica de calidad. Procesos basados en el enfoque total de sistemas que utiliza información resultado del análisis de las expectativas y necesidades de los clientes, los competidores y los grupos de interés e influencia de la compañía, el cambio y planeado y administrado para lograr la misión.

Poka Yoke. Consiste en la creación de elementos que detecten los defectos de producción y retro alimenten en forma inmediata para y a la raíz del problema y evitar que vuelva a ocurrir.

Políticas de calidad. Lineamientos de norma los criterios para la toma de decisiones con la puesta en marcha de las estrategias de calidad, permiten que los linchamientos estratégicos se convierta en el valor tangible para el cliente y finalmente en rentabilidad para el negocio.

Prevención de defectos. Los defectos potenciales y las quejas deberán ser anticipados. La prevención de las causas de el error deberá realizarse después de la identificación de los problemas que evita se pueda realizar el trabajo libre de error.

Problema. Es una desviación en que de lo que se espera esté sucediendo y lo que realmente sucede con la importancia suficiente para justificar una corrección en el proceso.

Procedimiento. Es el conjunto de pasos estandarizados para elaborar un producto o actividad y están documentados en un manual.

Proceso. Consiste en la interacción apropiada de personas con máquinas para realizar las actividades necesarias para transformar los insumos en un producto o servicio con un valor agregado.

Producto. Es todo lo que se obtiene como resultado o salida de un proceso, en el que integra actual maquinaria, y equipo, procedimientos de trabajo etc. Las cualidades de un producto pueden ser tangibles como sus propiedades físicas o químicas, o intangibles, como su apariencia estética o la rapidez con que fue entregado.

QCD: Quality, Cost, Delivery- calidad, costo, entrega. Para lograr la satisfacción total del cliente es necesario cumplir con estos tres requisitos, la falta de uno de ellos no existe calidad en el servicio.

QFD: Quality Function Deployment- Despliegue de la Función de Calidad. Enfoque gerencial que consiste en identificar primero los requerimientos del cliente y luego volver a trabajar en las etapas de diseño, ingeniería, producción, ventas y servicio postventas de productos.

Rechazar. Es toda acción que se realiza cuando un producto o lote no cumplen con las especificaciones.

Retrabajo. Si un producto es rechazado y es posible repararlo, esta reparación se le llama retrabajo siendo un tipo de *muda*.

RTY: Rolled Throughput Yield- producción a través del Proceso. Consiste en el porcentaje de material bueno en la primera pasada a través de todo el proceso y se obtiene de multiplicar la fracción de todas las operaciones.

Satisfacción del cliente. Proceso resultado de las acciones que el consumidor realiza del producto o servicio de una compañía con respecto al de sus competidores, en relación con el grado de cumplimiento de sus expectativas.

Scrap. Forma de *muda* o desperdicio de material que no cumple con los requisitos de calidad ya sea con o sin retrabajo.

Seis Sigma. Nivel de calidad que se alcanza cuando la empresa no excede un total de 3.4 dpmo, tales como su iniciador Motorola, General Electric entre otras.

Siete herramientas básicas. Conjunto de herramientas básicas para el control de calidad utilizado para la solución de problemas mediante trabajo en equipo y son: histograma, diagrama de Pareto, diagrama causa efecto, hojas de verificación, gráficas de control, diagrama de dispersión y estratificación.

Sigma. Letra del alfabeto griego, unidad de medida estadística que describe la distribución alrededor de la media en cualquier proceso, a mayor valor de Sigma mayor es la variación.

SIPOC-: Suppliers, inputs, process, outputs, customer- proveedores, entradas, proceso, salidas, clientes. Diagrama que nos da la perspectiva general del alcance del proyecto y que nos ayuda a identificar los materiales entrantes, quien los provee, su transformación y sus salidas y quien los recibe.

SMED: single minute exchange dice- cambio rápido de herramental. Concepto orientado al mejoramiento de la productividad y la flexibilidad de la operación a través de una disminución del tiempo de preparación de una máquina.

Standards o estándares. Una mejor forma de realizar el trabajo, es decir, un conjunto de políticas, reglas, instrucciones y procedimientos establecidos por la gerencia para todas las operaciones importantes, que sirven como pautas para que todos los empleados desempeñen sus tareas de tal forma que aseguren los buenos resultados.

Statistical Process Control o Control Estadístico de Procesos. Aplicación de técnicas estadísticas para el control de la calidad. Con frecuencia se usa en forma intercambiable con control estadístico de procesos, pero incluye el muestro de aceptación.

TPM: Total Productive Maintenance- Mantenimiento Productivo Total. Se orienta a la maximización de la eficacia del equipo a lo largo de su vida útil. Involucra a cada persona en todos los departamentos y a todos los niveles, motiva a las

personas al mantenimiento de planta a través de actividades autónomas y comprende el mantenimiento básico de toda la empresa.

TQC : Total Quality Control- Control Total de Calidad. Organiza las actividades *Kaizen* sobre calidad que involucran a cada una de las personas de una empresa-gerentes y trabajadores- en un esfuerzo totalmente integrado hacia el *kaizen* en cada nivel. Estas actividades deben conducir a un incremento de la satisfacción del cliente y al éxito del negocio.

TQM: Total Quality Management - Administración de la Calidad Total. Es un movimiento iniciado en Japón por Edwards Deming y que se orienta hacia el control y mejoramiento de toda la empresa.

Valor agregado. Es todo cambio físico o químico que recibe un producto o servicio para poder satisfacer al cliente, toda operación que no lo transforma es considerada como *muda* o desperdicio.

Valor del cliente. Proceso mediante el cual las empresas identifican a sus clientes y necesidades, para ser así desarrollar procesos y estrategias que permitan ofrecerles valor a través de sus productos o servicios, logrando que éstos sean percibidos por los consumidores.

Variación. Desviación de un valor predeterminado o especificado, irregularidad en un proceso.

Visión. Define el rumbo hacia dónde quiere seguir la organización en el futuro desde una perspectiva global con respecto a los conceptos presentados en el estatuto de la misión. Identifican el plan estratégico de largo plazo de la organización por satisfacer las necesidades del mercado en el futuro

VOC: voice of customer – voz del cliente. Estudio que se emplea para conocer las necesidades del cliente, mediante cuestionarios y entrevistas personales, para poder después ser traducidas en especificaciones de nuevos productos.

Yield. Es la producción que cumple con la especificación y se mide como porcentaje: producción buena entre la producción total por cien.

15. Anexos

Anexo 1: Definiciones operacionales

Característica	Especificación	Método de inspección / medición	Procedimiento	Ayuda
Color de tintas	Pantone	Visual	1. Colocar la muestra autorizada o guía de color Pantone contra la muestra física	Hoja de calidad Pantone, muestra física
Registros de impresión	Según orden < 2mm	Visual y con flexómetro	1. Revisar que las imágenes y/o textos a imprimir sean legibles y nítidos. 2. Medir con el flexómetro la distancia entre el indicador de cada color	Hoja de especificaciones de producto y muestra
Posición de impresión	Según orden \pm 3mm	Visual y flexómetro	1. Medir desde la orilla contraria al sello al borde de la imagen 2. Medir desde la orilla al borde de la imagen de forma horizontal evitando inclinar el flexómetro	Hoja de especificaciones de producto y muestra
Rayas	No se perciban a contra luz	Visual	1. Cortar muestra de peto o procesar 2. Colocar a contra luz para verificar la apariencia del material	Muestra física o foto en especificaciones
Perforaciones	Según orden \pm 1mm	Flexómetro	1. Medir las perforaciones de la orilla de la bolsa al borde extremo de la misma 2. Medir el diámetro de la perforación	Hoja de especificaciones de producto y muestra
Pigmento	Según muestra, no translucido	Visual	1. Extraer la muestra física 2. Compararla contra la muestra autorizada o pantone	Hoja de especificaciones de producto y muestra
Pegado	Que las paredes se puedan deslizar	Tacto	1. Sacar muestra del peto 2. Frotar ambas paredes con las yemas de los dedos, tratando de deslizar ambas una contra otra	Hoja de especificaciones de producto y muestra
Picado	No deben presentar ninguna	Visual y fugas de aire o agua	1. Cortar muestra de 2m. 2. Llenar con agua 3. Ejercer un poco de presión para ver si hay fugas	N.A.
Calibre	Según orden \pm 10%	Micrómetro y Bascula	1. Cortar muestra de material 2. Medir con el micrómetro por ambas caras de la película cada 5cm. y sacar promedio 3. Pesar la muestra para verificar su uniformidad	Hoja de especificaciones de producto

Anexo 1: Definiciones operacionales (continuación)

Característica	Especificación	Método de inspección / medición	Procedimiento	Ayuda
Mezcla	Según orden \pm 10%	Pesado en báscula	<ol style="list-style-type: none"> De acuerdo a la especificación, determinar la proporción de cada material escalándolo Tomar una muestra de 500gr. Verificar el proporcionamiento 	Catálogo de revolturas
Sello	No debe despegar	Visual y prueba de resistencia	<ol style="list-style-type: none"> Verificar apariencia y uniformidad Introducir mano en la bolsa hasta el fondo y ejercer presión con la yema de los dedos. Tomar ambas caras de la caja, como se hace para abrir una bolsa de papas, pero con gran fuerza y de forma uniforme en ambas caras, se debe romper la bolsa primero antes que se desprenda el sello para aceptar la prueba 	Hoja de especificaciones de producto
Largo, ancho	Según orden \pm 1%	Flexómetro	<ol style="list-style-type: none"> Verificar ambas dimensiones de orilla a orilla evitando inclinaciones, tomar datos de los extremos y del centro 	Hoja de especificaciones de producto

Nota importante: en los casos del uso del flexómetro, se tomará como inicio de la medición los diez centímetros, así que cuando la medida exceda los 10 cm. Después hay que restarlos

Anexo 6.1

Tabla K Letras código del tamaño de la muestra MIL-STD-105D (Norma ABC)

Tamaño del lote	Niveles de inspección especiales				Niveles de inspección generales		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2-8	A	A	A	A	A	A	B
9-15	A	A	A	A	A	B	C
16-25	A	A	B	B	B	C	D
26-50	A	B	B	C	C	D	E
51-90	B	B	C	C	C	E	F
91-150	B	B	C	D	D	F	G
151-280	B	C	D	E	E	G	H
281-500	B	C	D	E	F	H	J
501-1,200	C	C	E	F	G	J	K
1 201-3 200	C	D	E	G	H	K	L
3 201-10 000	C	D	F	G	J	L	M
10 001-35 000	C	D	F	H	K	M	N
35 001-150 000	D	E	G	J	L	N	P
150 001-500 000	D	E	G	J	M	P	Q
500 001 y superior	D	E	H	K	N	Q	R

Anexo 6.4

Tabla N Tabla magistral para inspección reducida (muestreo simple) MIL-STD-105D (Norma ABC)

Letra código muestra	Tamaño muestra	Niveles de calidad aceptable (inspección reducida)																					
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1,000	
A	2	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac
B	2	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac
C	2	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac
D	3	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac
E	5	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac
F	8	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac
G	13	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac
H	20	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac
I	32	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac
K	50	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac
L	80	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac
M	125	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac
N	200	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac
P	315	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac
Q	500	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac
R	800	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac

↓ = emplear el plan de muestreo inmediato inferior a la flecha. Si el tamaño de la muestra es igual o superior al del lote, hacer inspección al 100%.
 ↑ = emplear el plan de muestreo inmediato superior a la flecha.
 Ac = número de aceptación.
 Re = número de rechazo.
 † Si se ha rebasado el número de aceptación pero sin llegar al de rechazo, aceptar el lote pero reinstaurar la inspección normal.

Anexo 6.5

Tabla W Números límites para inspección reducida MIL-STD-105D (Norma ABC)

Número de unidades muestrales de los 10 últimos lotes	Nivel de calidad aceptable																										
	0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1.000	
20-29	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	2	4	8	14	22	40	68	115	181	
30-49	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	1	3	7	13	22	36	63	105	178	277	
50-79	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	2	3	7	14	25	40	63	110	181	301	
80-129	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	4	7	14	24	42	68	105	181	297		
130-199	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	4	7	13	25	42	72	115	177	301	490	
200-319	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	4	8	14	24	42	72	115	181	277	471	
320-499	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	1	4	8	14	24	39	68	113	189		
500-799	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	2	3	7	14	25	40	63	110	181		
800-1.249	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	2	4	7	14	24	42	68	105	181		
1.250-1.999	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	4	7	13	24	40	69	110	169			
2.000-3.149	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	8	14	22	40	68	115	181				
3.150-4.999	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	8	14	24	38	67	111	186				
5.000-7.999	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	2	4	7	13	24	40	69	110	181		
8.000-12.499	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	2	4	8	14	24	42	68	105	181		
12.500-19.999	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	1	4	7	14	24	40	69	110	169		
20.000-31.499	0	0	2	4	8	14	24	46	68	115	181																
31.500-49.999	0	1	4	8	14	24	38	67	111	186																	
50.000 y más	2	3	7	14	25	40	63	110	181	301																	

† Denota que el número de unidades muestrales de los 10 últimos lotes no es suficiente para una inspección reducida con este AOQL. En este caso, se puede usar más de 10 lotes para el cálculo siempre que los que se usen sean los más recientes de la secuencia, que tengan todos inspección normal, y que no se haya rechazado ninguno durante la inspección original.

