



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN  
INGENIERÍA**

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE CALIDAD  
PARA DISMINUIR DEFECTOS DE FABRICACIÓN EN  
MATERIAL AUTOADHERIBLE**

**TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRO EN INGENIERIA**  
INGENIERÍA DE SISTEMAS-SISTEMAS DE CALIDAD

P R E S E N T A:

**I.Q. ROSALBA GARCÍA PÉREZ**

TUTOR:

**M. C. CARLOS GUZMÁN DE LAS CASAS**

2008





Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## **JURADO ASIGNADO**

Presidente: Dr. José Sámano Castillo  
Secretario: M.C Socorro Alpizar Ramos  
Vocal: M.C Ángeles Olvera Treviño  
Primer Suplente: M.C Rocío Cassaigne Hernández  
Segundo Suplente: Dra. Raquel López Arellano

Lugar donde se realizó la tesis:

Papeles Adhesivados de México S.A.

## **TUTOR DE TESIS:**

M.C. Carlos Guzmán de las Casas

---

Dedico este trabajo a mi esposo Carlos Guillermo Olea y a mis dos pequeñines Carlos  
Eduardo y José Alejandro.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al maestro Carlos Guzmán de las Casas por el apoyo que me brindo en todo momento para la realización de esta investigación.

A mis padres Leonor Pérez y Rafael García por creer en mí y motivarme siempre a superarme.

A mi esposo Carlos Guillermo Olea por ser el pilar que me soporta en la vida con su alegría, paciencia y amor.

A Dios por darme una segunda oportunidad de vida para ver crecer a mis dos hijos y ser un buen ejemplo para ellos.

---

# ÍNDICE

	Página
RESUMEN	
INTRODUCCIÓN	1
Problemática	3
Objetivos	3
Hipótesis	3
1. EL MATERIAL AUTOADHERIBLE	5
1.1 Definición	5
1.2 Composición	6
1.3 Otros componentes	9
1.4 Proceso de fabricación del material autoadherible	10
1.5 Calidad del material autoadherible	14
2. HERRAMIENTAS PARA LA MEJORA DE LOS PROCESOS	15
2.1 Revisión general	15
2.1.1 Conceptos básicos para la mejora de los procesos	15
2.1.2 Metodologías para la mejora de los procesos	18
2.1.3 Herramientas de la calidad	23
2.2 Revisión particular	25
2.3 Círculos de calidad y equipos de trabajo	33
2.3.1 Círculos de calidad	33
2.3.2 Equipos de trabajo	35

---

3. DEFECTOS	37
3.1 Generalidades	37
3.2 Clasificación de defectos	38
3.3 Sistemas de clasificación de la gravedad	41
4. JERARQUIZACIÓN DE DEFECTOS	46
4.1 Caso de estudio: material autoadherible	46
4.2 Descripción de los defectos	46
4.3 Clasificación de gravedad de los defectos	49
4.4 Resumen	56
5. MEJORA DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO	57
5.1 Antecedentes	57
5.1.1 Generalidades sobre la capa antiadherente	58
5.2 Tratamiento de defectos	60
5.2.1 Parte 1: Release alto	60
5.2.2 Parte 2: Eliminación de áreas selladas	67
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS	76
6.1 Jerarquización de defectos	76
6.2 Mejora de la calidad del producto	77
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	80
REFERENCIAS	81
GLOSARIO	83

---

## RESUMEN

En algunas empresas mexicanas es común encontrar una amplia gama de defectos en sus productos debido a la baja o nula madurez en el uso de las técnicas de mejoramiento y control de calidad. El presente trabajo se enfocó en presentar las herramientas de calidad necesarias para que una empresa de este tipo pueda orientar un proceso de mejora de calidad de sus productos. Los objetivos principales fueron: 1. Elaborar una guía para priorizar los problemas de calidad del producto y 2. Mostrar la aplicación de la técnica de los círculos de calidad para atacar los problemas priorizados. El caso de estudio fue una empresa mexicana de material autoadherible.

Para jerarquizar defectos se usó el Diagrama de Pareto básico por un lado y por otro una matriz, la cual consideró criterios de ponderación como gravedad, frecuencia, costo y recuperabilidad; Para atacar defectos se utilizó la técnica de Círculos de Calidad asumiendo que se podía reducir la incidencia de defectos al cien por ciento.

En el proceso de jerarquización, la matriz discriminó mejor los defectos prioritarios que el diagrama de Pareto básico; Con la aplicación de la técnica de Círculos de Calidad se logró una disminución de la incidencia de defectos sin llegar al cien por ciento.

Finalmente, se concluyó que se pueden priorizar mejor los defectos usando un método que considere varios criterios de ponderación; y que, un proceso de mejora de calidad eficaz requiere un enfoque en el análisis del problema y una rigurosa aplicación de herramientas estadísticas.

---

## 1. INTRODUCCIÓN

Existen muchas maneras de definir calidad. El concepto de calidad que se forma la mayoría de las personas se relaciona con una o más características deseables que debería poseer un producto o servicio (Montgomery, 2004).

La calidad según ISO 9000:2000 se define como el grado en el conjunto de características inherentes cumple con los requisitos.

En la actualidad, la calidad se ha convertido en uno de los factores de decisión más importantes de los consumidores para elegir entre productos y servicios que compiten. El fenómeno es generalizado, sin importar si el consumidor es un individuo, una organización industrial, una tienda minorista o un programa de defensa militar.

Sin embargo, la mayoría de las organizaciones encuentra difícil y costoso ofrecer al cliente productos con características de calidad que sean idénticas de una unidad a otra o que estén en los niveles que cumplan con las expectativas del consumidor. La razón principal es la variabilidad. Las fuentes de esta variabilidad incluyen las diferencias de los materiales, las diferencias en el desempeño y operación del equipo de manufactura y las diferencias en la manera en que los operadores realizan sus trabajos. Para Montgomery (2004), la calidad es inversamente proporcional a la variabilidad y el mejoramiento de calidad es la reducción de la variabilidad en procesos y productos.

El trabajar con un enfoque en la calidad puede reducir los costos de manufactura y operación por incremento de la productividad, ya que, cuando se hacen las cosas correctamente, “a la primera”, se evitan los costos asociados con rechazos, retrabajos, desechos y pago de garantías y penalizaciones. La calidad no sólo

---

tiene impacto en los costos, sino también en la rentabilidad de la empresa, ya que la habilidad para satisfacer consistentemente las necesidades del cliente proporciona a la empresa una reputación de calidad que, a su vez, le permite una mayor participación de mercado, o bien precios más elevados. En ambos casos - reducción de costos, y mejor reputación- se obtienen mayores utilidades para la empresa (Rivero, 2001).

Por consiguiente, entender y mejorar la calidad es un factor clave que lleva al éxito en los negocios, al crecimiento y a una posición competitiva fortalecida. La calidad mejorada y la utilización exitosa de la calidad como una parte integral de la estrategia de negocios global redundan en un retorno sobre la inversión sustancial (Montgomery, 2004).

Por su parte, la industria de los papeles y películas autoadheribles no está exenta de las exigencias de calidad de sus consumidores, los cuales aumentan cada día; El crecimiento de esta industria ha sido explosivo: de un valor de menos de 100 millones de dólares al terminar la Segunda Guerra Mundial, la industria se ha expandido a un volumen actual de cerca de 3 billones de dólares. Las cintas ocupan el 60% de ese mercado, las etiquetas y calcomanías el 30% y el restante se usa para hojas decorativas y protectoras, servilletas sanitarias, azulejos de piso y otros artículos especializados. En México, el consumo per cápita de etiquetas autoadheribles muestra una tendencia a la alza: en 1996 fue de 1 m<sup>2</sup> y en el año 2000 de 1.7 m<sup>2</sup>, es decir, creció un 70% en cuatro años (BASF, 2001).

Como puede observarse, dicha industria es relativamente nueva en México, así como el auge de la calidad en nuestro país. De ahí que la madurez en el uso de las técnicas de mejoramiento y control de calidad sea baja o nula en algunas empresas mexicanas pequeñas, como es el caso que se abordará en este trabajo.

En un nivel de madurez bajo del uso de las técnicas de control y mejoramiento de calidad en una organización, la administración puede no saber nada

---

absolutamente de cuestiones de calidad, y es posible que no haya ningún esfuerzo organizado efectivo para el mejoramiento de la calidad. Con frecuencia habrá aplicaciones modestas de los métodos de muestreo de aceptación, por lo general en la inspección de recepción (Montgomery, 2004).

## **PROBLEMÁTICA**

Con este contexto y dado que la naturaleza del proceso de fabricación de material autoadherible es compleja y llena de variables, es de esperarse que el producto presente una amplia gama de defectos. Este trabajo pretende dar respuesta a las preguntas que se haría el encargado de Aseguramiento de Calidad en estas condiciones: ¿Qué defectos de fabricación del producto son los más importantes de atacar? y ¿Cómo se pueden atacar?

## **OBJETIVOS**

De manera que los objetivos de este trabajo son los siguientes:

- Elaborar una guía que oriente a empresas con un bajo nivel en el uso de técnicas de mejoramiento de calidad, en la manera de priorizar los problemas de calidad de su producto.
- Aplicar la metodología de los círculos de calidad como herramienta principal para disminuir defectos de fabricación en el producto.

Todo esto con base en el análisis de datos de una empresa mexicana de material autoadherible.

## **HIPOTESIS**

Las hipótesis que se plantean son las siguientes:

- Si al jerarquizar defectos se toman en cuenta, además de la frecuencia, criterios como gravedad, costo y recuperabilidad, entonces se identificarán mejor los defectos prioritarios que usando sólo un diagrama de Pareto básico.
- Si se utiliza la técnica de círculos de calidad para atacar defectos del producto entonces se erradicarán al 100% dichos defectos.

---

La estructura de este trabajo está conformada de la siguiente manera: en el capítulo 1 se presentan generalidades del material autoadherible; en el capítulo 2 se hace una revisión general de las herramientas de calidad y se profundiza en las herramientas que se aplicarán para el cumplimiento de los objetivos de este trabajo; el capítulo 3 presenta una revisión del concepto de defecto y su clasificación; el capítulo 4 muestra el análisis de datos del defectivo de material autoadherible y como resultado una secuencia lógica de pasos para jerarquizar los problemas de calidad del producto; en el capítulo 5 se presentan dos casos de procesos de mejora realizados utilizando la metodología de los círculos de calidad; en el capítulo 6 se hace el análisis de resultados y finalmente el capítulo 7 presenta las conclusiones de este trabajo.

## CAPÍTULO 1

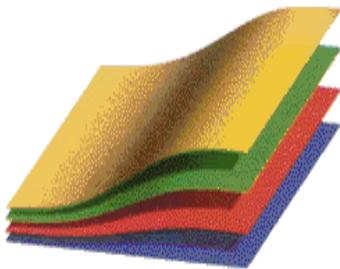
### EL MATERIAL AUTOADHERIBLE

#### 1.1 DEFINICIÓN

El material autoadherible al que se hace referencia en este trabajo es el que se utiliza para la elaboración de etiquetas y hojas decorativas y protectoras.



El material autoadherible consiste básicamente de cuatro elementos <sup>(1)</sup>:



1. Material Superficial o Cara
2. Adhesivo
3. Recubrimiento Antiadherente
4. Respaldo Removible

Para entender mejor qué es el material autoadherible es necesario conocer el proceso para la elaboración de etiquetas.

1. El fabricante de etiquetas selecciona un tipo de material autoadherible de acuerdo a las características de desempeño y especificaciones que requiere la aplicación final.
2. El productor de material autoadherible entrega al fabricante de etiquetas rollos y hojas en las dimensiones requeridas.
3. El fabricante de etiquetas imprime y corta el material autoadherible usando una variedad de procesos, tintas, terminados y procesos por las cuales debe pasar el material para convertirse en etiquetas (conversión).
4. Después de cortar con troquel (suajar) el contorno de la etiqueta sin cortar el respaldo que sirve de vehículo, se remueve la matriz sobrante de material superficial.

Las etiquetas terminadas son enrolladas u hojeadas. Por lo general la aplicación de etiquetas en rollo se realiza automáticamente y en hojas la etiqueta se aplica manualmente.

## **1.2 COMPOSICIÓN <sup>(1)</sup>**

A continuación se describen los elementos que conforman el material autoadherible:

### **Material Superficial**

Se pueden fabricar de papel, plástico, metal, tela e incluso papel metalizado que da el efecto de un prisma. En este material se lleva a cabo el proceso de impresión por el fabricante de etiquetas. En algunos casos, un cliente puede requerir que un papel respaldo sea empleado como material superficial. Para evitar confusión, la capa de material que tiene el adhesivo se describe como material superficial. Las propiedades de los materiales superficiales necesitan satisfacer las demandas del proceso de recubrimiento así como el uso final y requerimientos de transformación.

---

## Adhesivo

El adhesivo es una sustancia capaz de mantener unidas dos superficies, que sin él no podrían mantenerse juntas.

Los adhesivos que se utilizan en el material autoadherible son del tipo sensible a la presión y están disponibles en una variedad de formulaciones, se seleccionan por el desempeño deseado de uso final.

Los Adhesivos Sensibles a la Presión (PSA por sus siglas en inglés) son materiales que en forma seca son agresivos y permanentemente pegajosos a temperatura ambiente y fácilmente se adhieren a una variedad de superficies diferentes por el mero contacto sin necesitar más que la presión de un dedo o de la mano. Se usan ampliamente en productos de uso cotidiano como masking tapes, vendas para dedos y etiquetas.

Se pueden clasificar de tres maneras (Skeist, 1990):

- Por su química ( base hule o acrílicos)
- Por la tecnología de recubrimiento (fundidos por calor, solvente, emulsión)
- Por tipo (permanente y removible).

La mayoría de los adhesivos sensibles a la presión contienen una mezcla de elastómeros- Hule natural y Hule estireno butadieno - con agentes de pegajosidad de pesos moleculares bajos y medios. Éstos se aplican al respaldo de la etiqueta en forma de solución o emulsión; pero los más nuevos “elastómeros termoplásticos” fundidos por calor (Hot-Melt) – copolímeros de bloque de estireno con isopreno o butadieno- pueden ser aplicados fundidos.

Cuando se requiere un color excelente y resistencia a la luz y a la oxidación se prefieren los copolímeros ésteres-acrílicos (más costosos). El poliisobutileno, también resistente a la degradación ultravioleta se utiliza para etiquetas removibles.

Los PSAs a diferencia de otros casos, no experimentan un incremento progresivo en viscosidad. En vez de eso, están permanentemente en una etapa pegajosa. Uno de sus méritos principales para algunas aplicaciones, de hecho, es que mojan

tan inadecuadamente que pueden removerse de la superficie a la que se adhieren sin dejar residuo (Skeist, 1990).

### **Recubrimiento Antiadherente**

Las cintas sensibles a la presión, así como la mayoría de las etiquetas sensibles a la presión se intercalan con papel antiadherente para su fácil desprendimiento y así prevenir que se peguen entre ellas antes de usarse. La propiedad repelente al adhesivo requiere que la superficie tenga una energía superficial significativamente más baja que la tensión del adhesivo. Los recubrimientos de siliconas cumplen este criterio y se aplican ya sea antes al proceso de fabricación, o en línea con la operación de aplicación de adhesivo (Ireland, 1998).

El mercado de PSAs requiere adicionalmente un volumen importante en dinero para proporcionar superficies a las cuales el PSA tenga baja adhesión para manejo y transferencia de productos (1).

### **Respaldo**

Proporciona soporte al material superficial durante la operación de corte con troquel y permite que la etiqueta se transporte al aplicador de etiquetas o a través de una impresora de computadora. Se dividen en cuatro grupos principales (Ireland, 1998):

- Respaldos Súper Calandrados (SCK por sus siglas en inglés Súper Calendered Kraft,): se fabrican de papeles “kraft” altamente refinados que han sido super calandrados, es decir presionados por rodillos llamados calandras, para producir un material liso y muy denso. Estos respaldos son diseñados para proveer la mínima compresión y un máximo soporte durante la operación de corte. El papel duro y liso proporciona una excelente superficie para recibir un recubrimiento antiadherente uniforme. El espesor uniforme y una alta fuerza superficial permiten un corte consistente y la remoción de sobrantes de la matriz.
- Respaldos Terminado Máquina: se hacen de papeles menos refinados que el SCK, y pueden no haber sido calandrados en el mismo grado. Esto resulta en

una capa más compresible. La principal ventaja de este respaldo es su mayor estabilidad dimensional, haciéndolo ideal para aplicaciones en hojas que requieren gran planidad.

- Respaldos Polirecubiertos: Son papeles que tienen una cubierta de polietileno. Esta capa aumenta la estabilidad dimensional y fuerza del respaldo. Se usan en aplicaciones de etiquetado con velocidades de moderadas a altas, donde una rotura del respaldo es un problema potencial, o donde la planidad del material es crítica.
- Respaldos Sintéticos: Incluyendo poliéster y polipropileno se pueden fabricar de una variedad de materiales. Se diseñan para proporcionar una fuerza máxima en la dirección máquina para aplicaciones que requieren altas velocidades de dispensado de etiquetas y que no pueden tolerar la posibilidad de roturas del respaldo.

### **1.3 OTROS COMPONENTES <sup>(1)</sup>**

#### **Recubrimiento Superficial de Material Cara**

La mayoría de los papeles comerciales se pueden imprimir en su estado natural y no requieren un recubrimiento en la superficie. Estos recubrimientos se usan principalmente en materiales superficiales no absorbentes como láminas, papeles metalizados y películas plásticas. Se aplica un recubrimiento en la superficie ya sea durante el proceso de la fabricación de la película o en el proceso de recubrimiento de adhesivo. Las películas pueden requerir otros tratamientos, como corona o tratamientos de impresión, para cambiar sus propiedades y realzar la receptividad a la tinta o el anclaje del adhesivo.

Un tratamiento de impresión es un tratamiento químico inherente a la película aplicado durante el proceso de manufactura de la misma.

El tratamiento corona consiste en una descarga eléctrica aplicada a la superficie de la película, mediante la cual se eleva la energía superficial de la película y se puede aplicar antes, durante y después que el proceso de recubrimiento de adhesivo o del proceso de impresión (1).

### **Recubrimientos varios**

Tienen cuatro funciones básicas:

- Pueden incrementar la opacidad. El aplicar un recubrimiento a la parte trasera del material superficial se reduce la transparencia del mismo.
- Incrementan la adhesión. Un recubrimiento puede aumentar el enlace del adhesivo al material superficial y prevenir transferencia al objeto en el que se pondrá la etiqueta.
- Previene la trasminación del adhesivo. Puede sellar la parte posterior del material superficial, minimizando o eliminando la penetración del adhesivo en el mismo.
- Pueden bloquear la migración de los plastificantes. En algunos materiales superficiales tales como PVC, el recubrimiento actúa como una barrera para prevenir que los plastificantes migren en el adhesivo y que esto cause una pérdida de adhesión.

### **Recubrimiento anti-bloqueo**

Los recubrimientos antibloqueo se aplican a la parte posterior del respaldo para prevenir la transferencia de adhesivo entre capas de un rollo. Este tipo de recubrimientos se aplican cuando se tiene un adhesivo muy suave, o una cantidad excesiva de adhesivo. No se pueden aplicar a todos los respaldos y deben ser aplicadas con precaución, ya que pueden causar que el rollo se desenrolle como “telescopio”, si está embobinado inapropiadamente. Tampoco se pueden usar si el respaldo debe ser impreso por la parte trasera.

## **1.4 PROCESO DE FABRICACIÓN DEL MATERIAL AUTOADHERIBLE <sup>(1)</sup>**

### **A) Aplicación del recubrimiento de Silicona**

Una máquina aplica una capa uniforme de silicona al respaldo. Existen dos diferentes procesos usados para la aplicación de silicona: transferencia directa y transferencia offset.

- El proceso de transferencia directa utiliza siliconas muy fluidas, usualmente disueltos en solventes. Este proceso incorpora un cilindro de transferencia especialmente grabado para medir y transferir el monto preciso de silicona al respaldo. Luego de la aplicación, los solventes utilizados para transportar la silicona se evaporan dejando una capa dura.
- El proceso de transferencia offset utiliza siliconas sólidas de la más alta viscosidad, en las cuales no hay solventes para diluir el material. También son conocidas como siliconas sin solventes, que no requieren de un tratamiento ambiental extraordinario. El proceso de recubrimiento utiliza el mismo cilindro de transferencia que el utilizado en el proceso de transferencia directa. No obstante el recubrimiento antiadherente es transferido a un cilindro intermedio o rollo de transferencia antes de ser aplicado al respaldo. El proceso de offset ayuda a medir la cubierta viscosa para asegurar una capa suave y consistente de silicona.

#### B) Impresión Posterior del respaldo por Flexografía.

La impresión trasera por flexografía imprime la parte posterior del respaldo con la impresión de la marca, con recubrimiento antibloqueo o con la impresión que el cliente desee. La estación de impresión flexográfica sigue el mismo proceso utilizado por muchos convertidores de rollo para imprimir etiquetas: Un rodillo circular toma tinta base agua de un recipiente plano. El rodillo transfiere la tinta a un rodillo de medida también conocido como rodillo anilox (el rodillo anilox regula la cantidad de tinta ya que está conformado por orificios acanalados o células diseñadas para contener la cantidad precisa de tinta). El rodillo anilox transfiere la tinta a la superficie de sobrerrelieve del cliché. Una vez entintado, se presiona el cliché contra la parte trasera del respaldo.

#### C) Recubrimiento de Adhesivo:

El adhesivo se aplica usando un proceso llamado “de transferencia de adhesivo”. Este proceso consiste en aplicar una capa homogénea de adhesivo al respaldo antiadherente con una mínima variación, tanto a lo ancho como a

lo largo. Después de evaporar el vehículo (agua o solvente) el respaldo se une con el material superficial para completar la transferencia de adhesivo. El proceso de recubrimiento de adhesivo por transferencia provee una capa suave de adhesivo y permite el uso de superficies que de otra manera serían afectadas por los solventes del adhesivo o por las temperaturas de secado, en el caso del recubrimiento por transferencia, el material cara nunca pasa por el horno de secado, por lo cual este proceso es muy recomendado para laminar superficies delicadas.

Existen dos métodos de recubrimiento: por ranura y recubrimiento de rodillo invertido.

- Recubrimiento por ranura: en este proceso se usa una ranura que extruye una capa delgada de adhesivo sobre la malla en movimiento. La ranura consiste de un gran cuerpo dentro del cual se alimenta adhesivo, el cual después sale por la ranura. La ranura tiene también dos placas de metal o labios de la ranura que forman un espacio a través del cual el adhesivo es forzado. El cuerpo de la ranura tiene una cavidad interna diseñada para distribuir el adhesivo uniformemente a través de todo lo ancho de la malla. Los ajustes de toda la capa adhesiva se pueden hacer usando una bomba de medición que cambia la tasa de alimentación de adhesivo en la ranura. Los puntos altos o bajos que se localizan en el perfil de peso de la cubierta se pueden ajustar por tornillos que empujan o tiran (abriendo y cerrando) la abertura en los labios de la ranura. Algunas porciones pueden ser bloqueadas o cubiertas para producir áreas no adhesivas en la malla. Las áreas sin adhesivo se pueden producir sólo en la dirección máquina. La mayor ventaja de recubrir a través de una ranura es su habilidad para entregar una cubierta adhesiva a altas velocidades de línea. Esta calidad de recubrimiento llega a ser muy importante en productos de película transparente donde líneas, puntos gelificados, áreas sin adhesivo y otras imperfecciones son inaceptables. Se puede recubrir tanto emulsiones como hot-melt en este tipo de sistema. El sistema puede ser monitoreado en línea.

- El recubrimiento de rodillo invertido usa una serie de rodillos para regular y aplicar el adhesivo al respaldo. Un recubrimiento de rodillo invertido típico consiste en tres cilindros: un rodillo llamado “casting roll”, un rodillo de medición y un rodillo de respaldo. El casting roll actúa muy parecido al rodillo grabado en el caso de los recubrimientos de silicón, tomando un fluido de adhesivo desde la bandeja de aplicación. El rodillo de medición, que puede ser fijo o rotatorio, se posiciona de manera que genere un espacio entre el mismo y el casting roll. Mide el monto de adhesivo que es posible entregar al casting roll. La diferencia entre ambos rodillos se puede ajustar para incrementar o reducir el espesor de la capa de adhesivo.

D) Humectación del respaldo para que recupere la humedad perdida en el túnel de secado y así su estabilidad.

#### E) Recubrimiento del Superficial/ Tratamientos

En la forma más simple, los materiales superficiales son debobinados, laminados al respaldo recubierto de adhesivo y rebobinados en el rollo del producto. Los materiales cara pueden someterse a diversos procesos que los hacen más eficientes:

- Recubrimientos Varios: Se aplican por rodillo grabado inverso el cual da un recubrimiento más consistente y liso o bien directo de manera similar al proceso de aplicación de silicona.
- Tratamientos Corona: El tratamiento corona es una técnica utilizada a menudo para mejorar la capacidad de impresión en películas. Los tratadores de corona descargan hasta 10 000 volts de electricidad desde un electrodo de cerámica a un rodillo de piso sobre el cual pasa el material. Este alto voltaje llamado corona altera la superficie de la película. Cualquier lado de la película puede ser tratado por corona. Tratando el lado imprimible de la cara aumenta la energía superficial de la película para una impresión superior, aunque este tratamiento puede desvanecerse con el tiempo. El tratar el lado en el que aplica el adhesivo mejora el anclaje del adhesivo. El tratamiento corona es particularmente efectivo en películas de poliolefina, polipropileno y polietileno.

F) Embobinado del material autoadherible en rollos maestros los cuales serán cortados posteriormente en rollos más pequeños o en forma de hojas.

### **1.5 CALIDAD DEL MATERIAL AUTOADHERIBLE**

De acuerdo al proceso para la elaboración de etiquetas descrito en el apartado 1.1 las características que determinan la calidad del producto son:

- El material superficial debe estar libre de imperfecciones para poder hacer cualquier tipo de impresión.
- Espesor de respaldo constante y uniforme para garantizar un buen corte con troquel.
- La fuerza de desprendimiento del respaldo debe ser baja especialmente para las aplicaciones en rollo donde el dispensado automático de etiquetas se lleva a cabo a velocidades altas. En las aplicaciones de hojas autoadheribles la fuerza de desprendimiento debe ser mayor para evitar venas de aire en la estructura.
- La aplicación de la capa de silicon debe cubrir perfectamente toda la superficie del respaldo para evitar adhesión entre las dos superficies (bloqueo de la estructura).
- Cuando se hace la impresión en hojas autoadheribles, éstas deben ser completamente planas debido al tipo de alimentación automática que tienen los equipos y a que cualquier ondulamiento produce pérdidas de registro en el proceso de impresión.
- La estructura autoadherible debe estar perfectamente acoplada, libre de arrugas, burbujas de aire, las cuales provocan pérdidas de registro en el proceso de impresión.
- Los adhesivos usados deben tener un balance equilibrado en propiedades adhesivas y cohesivas. Las propiedades adhesivas determinarán si la etiqueta se pega adecuadamente al sustrato y las cohesivas afectarán la migración del adhesivo hacia los cantos de los rollos provocando que el material se pegue entre sí, el mismo efecto se observará en el guillotinado de las hojas (para cortarlas a las dimensiones requeridas por el cliente).

## **CAPÍTULO 2**

### **HERRAMIENTAS PARA LA MEJORA DE LOS PROCESOS**

#### **2.1 REVISIÓN GENERAL**

Todas las profesiones cuentan con una serie de herramientas usadas por sus miembros para llevar a cabo su trabajo, por ejemplo, los dentistas usan rayos X y taladros; los mecánicos usan pinzas, desarmadores, etc. La lista de herramientas para los profesionales de la calidad es muy larga ya que los miembros tienden a adoptar y adaptar técnicas de otros campos. La cantidad de herramientas puede parecer exagerada, sin embargo, si se revisa a detalle, se puede observar que cada herramienta tiene su único propósito; y aunque se pueden obtener resultados similares usando diferentes herramientas, el profesional de la calidad necesita ser capaz de tomar en cuenta diferencias situacionales cuando decide cuál herramienta aplicar (Okes, 2002).

Este capítulo se centra en una variedad de enfoques, metodologías, herramientas y técnicas que ayudan a las personas y equipos en los proyectos para mejorar los procesos.

#### **2.1.1 Conceptos básicos para la mejora de los procesos**

La mejora de los procesos es una estrategia de negocios importante en los mercados competitivos por que

- La lealtad de los clientes se basa en el valor agregado
- El valor entregado se crea mediante los procesos de negocios
- El éxito continuo en los mercados competitivos requiere que una empresa mejore en forma consistente con el valor ofrecido.
- Para mejorar en forma consistente la capacidad para crear valor, una empresa debe mejorar de manera continua sus procesos de creación de valor (Gardner, 2001).

Existen muchas oportunidades de mejorar, que incluyen las reducciones obvias de los defectos de manufactura y los tiempos de ciclo. Las organizaciones también deben considerar el aumento de la moral, satisfacción y cooperación de los empleados; la mejora de las prácticas administrativas; la mejora en el diseño de los productos con características que satisfagan mejor las necesidades de los clientes y logren un desempeño más alto, mayor confiabilidad y otras dimensiones de la calidad basadas en el mercado; y la mejora de la eficiencia de los sistemas de manufactura reduciendo el tiempo de inactividad y los movimientos innecesarios de empleados, así como la eliminación del inventario, el transporte y el manejo de material innecesario, el desperdicio y el trabajo repetido.

Aunque muchas empresas han desarrollado enfoques innovadores y eficaces para mejorar, muchos de ellos se centraban únicamente en la productividad y los costos. El enfoque en la mejora de la calidad es relativamente reciente, estimulado por el éxito de los japoneses. Toyota en particular fue pionera del enfoque *justo a tiempo (JIT, just-in-time)*, que demostró que todas las empresas podían crear productos de manera eficiente prácticamente con cero defectos. El JIT estableció una filosofía de mejora, que los japoneses llaman *kaizen*.

A continuación se describen brevemente algunos de los enfoques más importantes de la mejora de los procesos:

### **Kaizen**

Kaizen se enfoca hacia las mejoras pequeñas, graduales y frecuentes a largo plazo, con una inversión financiera mínima y la participación de todos en la organización.

### **Flexibilidad y Reducción del tiempo del ciclo**

El éxito en los mercados competitivos globales requiere capacidad para el cambio rápido y flexibilidad. La flexibilidad se refiere a la capacidad de adaptarse con rapidez y eficiencia a los requisitos en constante cambio. Un indicador de negocios importante que complementa la flexibilidad es el tiempo de ciclo, y se refiere al tiempo necesario para completar un ciclo de proceso. La reducción de tiempo de ciclo tiene dos propósitos: primero, acelerar los procesos de trabajo de modo que

se mejore la respuesta al cliente; segundo, las reducciones en el tiempo de ciclo sólo se logran agilizando y simplificando los procesos para eliminar los pasos que no agregan valor, como el reproceso.

### **Mejora mediante innovaciones**

La mejora mediante innovaciones se refiere al cambio discontinuo, en oposición a la mejora gradual y continua de la filosofía kaizen. Las mejoras mediante innovaciones resultan del pensamiento innovador y creativo; a menudo las motivan objetivos innovadores. Dos enfoques para lograr mejorar mediante la innovación son, *benchmarking* o baremo y *reingeniería*.

- **Benchmarking:** se define como la medición del desempeño comparándolo con el de las mejores empresas en su clase, determinando cómo alcanzan esos niveles de desempeño y utilizando la información como base para los objetivos, estrategias e implementación en la propia empresa. Es decir, La búsqueda de las mejores prácticas del sector industrial que dan lugar a un desempeño óptimo. El término mejores prácticas se refiere a los enfoques que producen resultado excepcionales, que por lo regular, son innovadores en cuanto al uso de tecnología o los recursos humanos y son reconocidos por los clientes o expertos en el sector industrial.
- **Reingeniería:** se define como la reconsideración fundamental y el rediseño radical de los procesos de negocios para lograr mejoras significativas en las medidas de desempeño críticas actuales tales como costo, calidad, servicio, y velocidad. La reingeniería comprende hacer preguntas básicas a cerca de los procesos de negocios: ¿Por qué lo hacemos? Y ¿Por qué se realiza de esta manera?, con frecuencia este cuestionamiento revela suposiciones obsoletas, erróneas e inadecuadas. El rediseño radical comprende la eliminación de los procedimientos existentes y la reinvención del proceso, no sólo su mejora incremental.

### **2.1.2 Metodologías para la mejora de los procesos**

A través de los años, se han propuesto numerosas metodologías para la mejora, la mayoría son variaciones sencillas unas de otras, pero el hecho de entenderlas ofrece nuevas y únicas perspectivas sobre la solución de problemas para mejorar los procesos.

#### **El ciclo de Deming**

El ciclo Planear-Hacer-Verificar-Actuar es un modelo muy conocido para la mejora continua de los procesos. A este ciclo se le conoce también con otros dos nombres, el ciclo de Shewhart y el Ciclo de Deming; Deming fue uno de los primeros en acuñar el término “Ciclo de Shewhart” en honor a su maestro en los Laboratorios Bell. Deming promovió el ciclo como uno de los medios primarios para la mejora continua de los procesos. Él también se refirió al ciclo como Planear-Hacer-Estudiar-Actuar. Este ciclo enseña a las organizaciones a planear una acción, llevarla a cabo, verificarla para observar su comportamiento contra lo planeado y actuar sobre lo aprendido (Johnson, 2002).

La etapa de planeación consiste en estudiar la situación actual y describir el proceso; entender expectativas de clientes; recopilar datos; identificar problemas; probar teorías sobre las causas y desarrollar soluciones o planes de acción. En la etapa de hacer, se implementa el plan a manera de prueba. Los datos del experimento se recopilan y registran. La etapa de verificación determina si el plan tentativo funciona de manera correcta mediante la evaluación de los resultados. En la última etapa, actuar, las mejoras se estandarizan y el plan final se implementa como una “mejor práctica actual” y se comunica a toda la organización. Posteriormente, este proceso lleva otra vez a la etapa de planeación para la identificación de otras oportunidades de mejora.

La premisa fundamental es que la mejora proviene de la aplicación del conocimiento. Éste puede ser un conocimiento de ingeniería, administración, o la forma en que opera un proceso que puede facilitar el trabajo, hacerlo más exacto, más rápido, menos costoso, más seguro o que satisfaga mejor las necesidades de los clientes. Tres preguntas fundamentales por considerar son (Evans, 2005):

- ¿Qué se trata de lograr?
- ¿Qué cambios se pueden hacer que den como resultado una mejora?
- ¿Cómo se sabrá que un cambio es una mejora?

Los pasos detallados del ciclo de Deming se describen a continuación:

*Planear*

1. Definir el proceso: su inicio, su final y lo que hace.
2. Describir el proceso: mencionar las tareas clave realizadas y la secuencia de los pasos, personas que participan, equipo utilizado, condiciones ambientales, métodos de trabajo y el material usado.
3. Describir a los participantes: clientes y proveedores internos y externos, así como a los operadores de proceso.
4. Definir las expectativas de los clientes: que quiere el cliente, cuándo y dónde, tanto para clientes externos como internos.
5. Determinar qué datos históricos están disponibles sobre el desempeño del proceso, o qué datos es necesario recopilar a fin de entender mejor el proceso.
6. Describir los problemas percibidos relacionados con el proceso; por ejemplo, el hecho de no satisfacer las expectativas de los clientes, la variación excesiva, los tiempos de ciclo prolongados, etcétera.
7. Identificar las causas principales de los problemas y su impacto en el desempeño del proceso.
8. Desarrollar cambios o soluciones potenciales para el proceso, y evaluar la forma en que estos cambios o soluciones van a manejar las causas principales.
9. Seleccionar las soluciones más prometedoras.

*Hacer*

1. Realizar un estudio piloto o un experimento para probar el impacto de la(s) solución(es) potencial(es).
2. Identificar los indicadores para entender la forma en que cualquier cambio o solución tiene éxito al manejar los problemas percibidos.

### *Estudiar*

1. Analizar los resultados del estudio piloto o experimento.
2. Determinar si mejoró el desempeño del proceso.
3. Identificar otros experimentos que quizás sean necesarios.

### *Actuar*

1. Seleccionar el mejor cambio o solución
2. Desarrollar un plan de implementación: qué es necesario hacer, quién debe participar y cuando se debe llevar a cabo el plan.
3. Estandarizar la solución, por ejemplo, redactando nuevos procedimientos operativos estándar.
4. Establecer un proceso para vigilar y controlar el desempeño del proceso.

## **Metodología DMAIC**

Es la metodología principal para solucionar problemas que utiliza Seis Sigma, DMAIC: Definir, Medir, Analizar, Mejorar (Improve) y Controlar.

- Definir: Es el proceso de profundizar para llegar a un enunciado más específico del problema, es decir el alcance del proyecto.
- Medir: Esta etapa se concentra en tomar datos para validar y cuantificar el problema así como obtener los datos y números que puedan dar claves para identificar el problema. Es importante resaltar que los equipos Seis Sigma adoptan una visión del proceso del negocio y usan esta visión para fijar prioridades y tomar buenas decisiones sobre las medidas que se necesitan.
- Analizar: se concentra en el por qué ocurren los fenómenos, errores o variación excesiva.
- Mejora: Una vez que se entiende la causa raíz del problema, el analista o equipo necesitan generar ideas para eliminarlo o resolverlo. Esta etapa de recopilación de ideas es una actividad muy creativa, por que muchas de las soluciones no son obvias.

- **Control:** Se enfoca a cómo conservar las mejoras para garantizar que las variables clave continúen dentro de los rangos máximos aceptables en el proceso modificado. Estas mejoras pueden incluir el establecimiento de nuevas normas y procedimientos, la capacitación del personal y la institución de controles para asegurarse de que las mejoras no desaparecerán con el tiempo.

### **FADE**

Una variación del ciclo de Deming y el DMAIC que utilizan muchas organizaciones, se conoce como FADE, de *focus* (focalizar), *analyze* (analizar), *develop* (desarrollar), *execute* (ejecutar). En la etapa de focalizar, un equipo selecciona el problema que se va a solucionar y lo define, determina el estado actual del proceso, por qué se necesita un cambio, cuál es el resultado deseado y cuáles son los beneficios de lograrlo. En la etapa de analizar el equipo trabaja para describir el proceso con detalle, determinar los datos y la información que necesita y elaborar una lista de las causas de origen del problema. La etapa desarrollar se enfoca hacia la creación de una solución y un plan de implementación con la documentación necesaria para explicar y justificar las recomendaciones a los directivos, quienes deben asignar los recursos. Por último, en la etapa de ejecutar se implementa la solución y se establece un plan de seguimiento.

### **Secuencia de Innovación de Juran**

Según Juran (Juran, 1999), todas las innovaciones siguen una secuencia del sentido común de descubrimiento, organización, diagnóstico, acción correctiva y control, lo que formalmente se conoce como la secuencia de innovación y que se resume a continuación:

- Prueba de la necesidad: los administradores, en especial los directivos, necesitan estar convencidos de que las mejoras a la calidad representan simplemente una buena economía. A través de los esfuerzos de recopilación de datos, la información sobre la mala calidad, baja productividad y mal servicio se pueden traducir al idioma del dinero, el idioma universal de la alta dirección, para justificar la petición de los recursos a fin de implementar un programa de mejora de la calidad.
- Identificación de proyectos: Todas las innovaciones se logran proyecto por proyecto, y de ninguna otra manera. Al adoptar un enfoque de proyectos, los directivos proporcionan un foro para convertir un ambiente de defensa o culpa en uno de acción constructiva.
- Organización para la innovación: la organización para la mejora requiere de una clara responsabilidad para guiar el proyecto. La responsabilidad del proyecto puede ser tan amplia como toda una división con estructuras formales de comités, o tan estrecha como un pequeño grupo de trabajadores en una operación de producción. El camino del problema a la solución tiene dos etapas; una del síntoma a la causa (la etapa de diagnóstico) y la otra de la causa al remedio (la etapa de remedio), que deben realizar distintas personas con las habilidades apropiadas.
- Etapa de diagnóstico: para esta etapa se necesitan diagnosticadores con habilidades para la recopilación de datos, la estadística y otras herramientas, para solucionar problemas. Los problemas que pueden controlar los directivos o los operadores requieren distintos métodos de diagnóstico y remedio.
- Etapa de remedio: la etapa de remedio tiene diferentes fases, elección de una alternativa que optimice el costo total, implementación del remedio y manejo de la resistencia al cambio.
- Conservar los beneficios: este último paso comprende el establecimiento de nuevos estándares y procedimientos, capacitación de la fuerza laboral e

institución de controles para garantizar que la innovación no va a desaparecer con el tiempo.

### **Solución creativa de problemas**

A menudo la solución de los problemas de calidad implica mucha creatividad. Un proceso efectivo de solución de problemas que se puede adaptar con facilidad a la mejora de la calidad se desprende de los conceptos de solución creativa de problemas (SCP) que sugieren Osborn y Parnes (citados en Evans, 2005), Esta estrategia implica los pasos siguientes:

- Entender la confusión
- Encontrar los hechos
- Identificación de los problemas específicos
- Generación de Ideas
- Desarrollo de Soluciones
- Implementación

La etapa de planeación de Deming abarca los cinco primeros pasos; las etapas de hacer estudiar y actuar se relacionan más con la implementación. En el programa de Juran las etapas de “diagnóstico y remedio” son en esencia iguales a este proceso. Por tanto, el hecho de entender estos pasos ayuda a mejorar la aplicación de otros modelos para la solución de problemas. No todos los enfoques son apropiados para todas las organizaciones, es preciso seleccionar o diseñar uno que se adapte a la cultura y a las personas de la organización.

### **2.1.3 Herramientas de la calidad**

A continuación se presentan las herramientas de la calidad más conocidas, organizadas en seis categorías (Okes, 2002):

#### **Las siete herramientas básicas**

Estas herramientas se usan para definir y analizar procesos discretos que usualmente producen datos cuantitativos.

- Diagrama de Flujo
- Diagrama Causa-Efecto
- Diagrama de Pareto
- Hojas de Verificación, Registro o Inspección
- Gráfico de Control
- Histograma
- Diagrama de Dispersión

Las primeras cuatro herramientas son utilizadas principalmente para ayudar a comprender el proceso, para identificar causas potenciales de los problemas de desempeño del proceso y para recolectar y mostrar datos que indican las causas principales. Las tres últimas se usan para un análisis de datos más preciso. Pueden ayudar a identificar tendencias, distribución y relaciones.

### **Las siete herramientas administrativas**

Esta lista incluye las siguientes:

- Diagramas de Afinidad
- Diagrama de Relaciones
- Diagrama Matricial
- Matriz de Jerarquización
- Diagramas de Redes de Actividades
- Diagramas de Arbol
- Gráfica de proceso de Decisiones Programadas

Estas herramientas se usan para analizar conceptual y cualitativamente información orientada, como la que prevalece cuando se planean cambios en organizaciones o administración de proyectos.

### **Herramientas Creativas**

Aunque este grupo no es conocido como una lista fija de herramientas específicas- lo que podría ser incongruente con el concepto de creatividad- se incluyen típicamente la lluvia de Ideas, mapas mentales, y el uso de analogías. Estas

herramientas ayudan a ver el proceso en nuevas maneras y a identificar soluciones únicas.

### **Herramientas Estadísticas**

Estas herramientas se usan para procesos de análisis de datos más sofisticados. Ayudan a descubrir la fuente de variación la contribución relativa de cada variable y la interrelación entre ellas. El control estadístico de proceso es un medio gráfico para monitorear y responder a causas especiales de variación. El diseño de experimentos, un amplio rango de técnicas estadísticas que pueden aplicarse a datos paramétricos y no paramétricos, permite analizar el significado estadístico de relaciones más complejas.

### **Herramientas de Diseño**

Estas herramientas, como despliegue de la función calidad y análisis de efecto y modo de falla se usan durante el diseño y desarrollo de nuevos productos y procesos. Pueden ayudar a alinear mejor a las necesidades de los clientes, características de los productos y controles de proceso.

### **Herramientas de Medición**

La medición es una necesidad primordial para la administración efectiva de procesos y por lo tanto una categoría importante para el profesional de la calidad. Las herramientas como costos de la calidad, benchmarking, auditorias y encuestas permiten recolectar y analizar diferentes tipos de datos que entonces pueden usarse para guiar y evaluar la efectividad de los esfuerzos de mejora.

Las herramientas de la calidad se usan principalmente para entender, analizar y mejorar los procesos. Usar la herramienta correcta para la aplicación correcta es crítico. De la misma manera es necesario considerar el nivel de madurez en calidad de la organización cuando se decide qué herramientas usar.

## **Herramientas vs. Sistemas**

Una de las cosas difíciles acerca de calidad es explicar la manera en que una herramienta es diferente a un método o sistema. El sistema de administración de calidad basado en la norma ISO 9001 o un sistema de administración organizacional Baldrige por ejemplo técnicamente no son herramientas. Son sistemas que consisten de procesos que usan herramientas. Esto se demuestra por el énfasis actual en la Manufactura Esbelta y Seis Sigma en la industria de Estados Unidos. Ninguna es actualmente una herramienta. Ambos son sistemas que proporcionan una integración efectiva de muchas herramientas diferentes. Mucho del éxito de Seis Sigma puede atribuirse al hecho de que su metodología de definición-medición-análisis-mejora- control es una manera lógica y probada de aplicar todas las herramientas a sus propósitos correctos.

## **2.2 REVISIÓN PARTICULAR**

Las herramientas a las que se hace referencia en este trabajo se describen detalladamente a continuación.

### **Lluvia de Ideas**

Forma de discusión que fomenta la creatividad y la participación. Aporta muchas más ideas de las que puede generar una persona trabajando de manera individual.

Se usa para ayudar a un grupo a crear tantas ideas como sea posible en el menor tiempo posible.

La lluvia de ideas se puede utilizar en dos formas:

1. **ESTRUCTURADA**- En este método cada persona en el grupo deberá dar alguna idea conforme le toca el turno de participar; en el caso de no aportar alguna, deberá esperar su turno en la siguiente vuelta. Este sistema obliga a participar a las personas tímidas, pero a su vez crea una presión de contribuir.
2. **SIN ESTRUCTURAR**- En éste método los miembros del grupo apartan ideas tan pronto como les llegan a la mente; crea una atmósfera más relajada, pero se corre el riesgo de que sólo participen los más extrovertidos.

Para ambos casos las reglas del juego son:

- El grupo no debe ser tan numeroso que como consecuencia se inhiba la participación de las personas. Se debe de limitar la asistencia a 15 personas o menos.
- Nunca criticar o censurar las ideas. No permitir críticas. En la lluvia de ideas, todas las ideas son válidas.
- Escribir cada una de las ideas en un rotafolio o pizarrón. Teniendo las palabras visibles a todos al mismo tiempo, evita los malos entendidos y crea nuevas ideas.
- Todos deben de estar de acuerdo en la pregunta o asunto que está siendo tratado. Es conveniente escribirlo en un lugar que resalte.
- Anotar las palabras de quien que aporta la idea; no se deben interpretar a la manera de quien dirige la sesión.
- Fijar un tiempo límite dependiendo del alcance de la sesión. Ser breve; de 5 a 15 minutos es suficiente.
- No olvidar agradecer al grupo sus aportaciones

## SUGERENCIAS

- Reunir al grupo en un lugar en el cual puedan evitarse distracciones, tal como un salón de conferencias.
- Examinar los problemas desde muchos puntos de vista distintos.
- Alentar a los participantes a que se basen en las ideas de otros. Las combinaciones conducen frecuentemente a ideas nuevas, superiores a las originales.
- Iniciar la sesión con un objetivo definido de manera clara. El redactar un objetivo con preguntas de tipo “porque”, “como” y “que” permite que las personas se involucren en la búsqueda de las respuestas. Escribir el objetivo en un lugar donde resalte.
- La utilización de elementos de apoyo en la sala para darle vida al tema en cuestión. Fotografías, juguetes, audio o video son elementos que estimulan la imaginación y evocan imágenes mentales de soluciones creativas.

- Al final, se agrupan, seleccionan y discuten
- Promover la generación de una gran cantidad de ideas
- Dar al participante cuatro o cinco minutos para que garabatee sus pensamientos.
- Estar preparado para escribir todas las ideas conforme se vayan presentando. Deben hacerse planes para llevar un registro permanente de esas ideas, de tal manera que puedan usarse en futuras sesiones de lluvia de ideas.
- Conforme las ideas se vayan agotando, pedir a los participantes que ahonden aún más y se basen en sugerencias anteriores.
- Una vez que las ideas hayan dejado de fluir, empezar a separar las ideas con las cuales se puede trabajar de aquellas que evidentemente no funcionarán. Aplicar ciertos criterios tal como “la solución debe ser rentable” y tachar las ideas que no cumplan con esos criterios. Mientras se estén eliminando ciertas ideas continuar combinando aquellas ideas que sean similares y se pueden desarrollar nuevos criterios basándose en las mejores características de cada una. Continuar seleccionando las sugerencias que se adecuen a la consecución de su objetivo original.
- Ya que se ha reducido su abanico de opciones a unas cuantas ideas muy destacadas escoger la mejor y seguir adelante.

La lluvia de Ideas se aplica para (Russel, 1998):

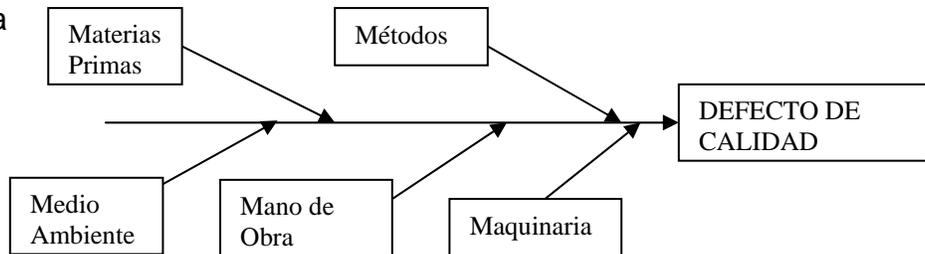
- Una situación en la cual la creatividad parezca estar bloqueada. Las ideas inspiran ideas.
- Descubrir y aprovechar la creatividad de un grupo.
- Planear los pasos de un proyecto de equipo.
- Determinar las posibles causas y/o soluciones de un problema.
- Tomar una decisión fuera de la rutina.

La lluvia de Ideas no se aplica en situaciones que requieren un análisis muy profundo.

### Diagramas causa-efecto (Espina de Pescado o Ishikawa)

Se usa para identificar, analizar y seleccionar las causas que originan un resultado o problema. Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Trazar un diagrama



2. Definir el defecto, característica o problema de calidad y colocarlo en el cuadro de la derecha.
3. Definir las causas principales del problema y agruparlas de acuerdo a las cinco áreas de causas.
4. Identificar las causas más probables y recolectar datos para validarlas.

### Diagramas de Pareto (Russel, 1998)

Se usa para separar problemas o asuntos importantes de los poco importantes. Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Enumerar problemas, causas y categorías y la frecuencia correspondiente de ocurrencia.
2. Clasificar los datos de acuerdo con la frecuencia más elevada, calcular las frecuencias relativas y acumuladas en porcentajes y colocarlos en un gráfico
3. Los datos muestran de manera gráfica al interpolar el 80% de frecuencia acumulada cuáles son los datos más importantes y sobre los cuáles se debe trabajar primero.

### Matriz de Jerarquización

La matriz de jerarquización se usa típicamente para tomar decisiones que requieren el análisis de varios criterios. Estas situaciones pueden tener varias opciones que se necesitan comparar y varios criterios que es necesario considerar. Los pasos para desarrollar una matriz de jerarquización son:

1. Identificar la meta.
2. Clasificar los criterios en orden del menos importante al más importante.

3. Asignar a cada criterio un peso para cada opción y asegurarse de que la suma de los pesos es igual a uno.
4. Sumar la puntuación para cada criterio para hacer una puntuación general. Dividir entre el número de opciones para encontrar un promedio.
5. Calificar cada opción con respecto a los criterios. Promediar los puntos y aplicar una puntuación completa.
6. Multiplicar el peso del criterio por sus puntos asociados al criterio para cada criterio de la matriz. El resultado en cada celda de la matriz se llama un marcador de importancia.
7. Sumar los marcadores de importancia para cada alternativa.
8. Clasificar las alternativas en orden de importancia.

### **Análisis Modal de Fallas y Efectos (AMFE)**

Es un método inductivo de análisis de la seguridad y/o fiabilidad del funcionamiento de un sistema, utilizando para ello, el estudio sistemático de las causas y consecuencias de las fallas que pueden afectar los elementos del sistema (AIN, 1991).

*Falla:* ocurre cuando un componente o sistema no funciona de acuerdo a la especificación.

*Modo de falla:* Es la manera en que una pieza o sistema no satisface la especificación dada. El modo de fallo es la respuesta a la pregunta ¿Cómo ha podido fallar el componente o el sistema? Debe observarse que el modo de falla potencial se expresa en términos físicos y no como síntomas que puede experimentar el cliente.

Los principales objetivos del AMFE son los siguientes:

- Analizar las consecuencias y las fallas que pueden afectar un producto o un sistema.
- Identificar los modos de falla que tienen consecuencias importantes respecto a diferentes criterios: disponibilidad, seguridad.

- Precisar para cada modo de falla los medios y procedimientos de detección. Así se asegura de que cada modo de falla si dispone de los medios de detección previstos.
- Poner en evidencia las fallas de modo común.

Los pasos a seguir para realizar un AMFE efectivo de producto/diseño o de proceso son (Johnson, 2002):

1. *Revisar el Proceso*: Reunir un grupo de cuatro a seis personas (asegurarse de incluir gente con diferentes responsabilidades de trabajo y diferentes niveles de experiencia) y proporcionar a cada miembro una copia del proyecto detallado. También es necesario hacer que los miembros operen o manipulen el producto de manera que se familiaricen con la manera en que éste trabaja.
2. *Hacer una lluvia de Ideas para identificar los modos de falla potenciales*: Examinar cada componente del producto e identificar la manera en que potencialmente podrían fallar.
3. *Listar los Efectos potenciales para cada modo de falla*: Listar los efectos potenciales de cada falla a su lado. Si la falla tiene más de un efecto, escribir cada uno en un renglón aparte.
4. *Asignar una puntuación para la severidad de cada efecto*: Asignar a cada efecto su propia puntuación para la severidad (de 1 a 10, donde 10 es el más severo). Si el equipo no puede llegar a un acuerdo, se puede someter a votación.
5. *Asignar una puntuación para la ocurrencia para cada modo de falla*: Recolectar datos de las fallas de la competencia del producto. Usando esta información determinar qué tan probable es que el producto falle y asignarle una puntuación (de 1 a 10, donde 10 es el más probable).
6. *Asignar una puntuación para la detección para cada modo de falla y efecto*: Listar todos los controles que se tienen actualmente en el lugar para prevenir que se presente cada efecto de la falla y asignar una puntuación para la detección para cada apartado (de 1 a 10, donde 10 es la más baja probabilidad de detección).

7. *Calcular el índice de prioridad y riesgo (RPN por sus siglas en inglés) para cada efecto:* Multiplicar las puntuaciones de severidad por ocurrencia por detección.
8. *Jerarquizar los modos de falla para tomar acciones:* Decidir en que puntos se debe trabajar de inmediato. Por ejemplo, si se termina con RPNs con un rango desde 50 a 500, se debería trabajar primero en aquellos con una puntuación de 200 o mayor.
9. *Tomar acciones para eliminar o reducir los modos de falla de alto riesgo:* Determinar que acciones se tomarán para cada modo de falla de alto riesgo y asignar a una persona para implementar la acción.
10. *Calcular el RPN resultante conforme los modos de falla se reducen o eliminan:* Reunir al equipo después de completar las acciones correctivas iniciales y calcular un nuevo RPN para cada falla. Entonces decidir si se ha trabajado lo suficiente en esas fallas o si ya es conveniente trabajar en otras.

Ejemplo de una hoja de AMFE

Proceso de AMFE										Resultado de las Acciones					
Artículo y Función	Modo de Falla Potencial	Efectos Potenciales de la Falla	Severidad	Causas Potenciales de la Falla	Ocurrencia	Controles Actuales	Detección	RPN	Acción Recomendada	Responsabilidad y fecha límite de terminación	Acciones Tomadas	Severidad	Ocurrencia	Detección	RPN

---

## 2.3 CÍRCULOS DE CALIDAD Y EQUIPOS DE TRABAJO

### 2.3.1 Círculos de Calidad (Feigenbaum, 2004)

Los círculos de calidad son intervenciones organizacionales que buscan incrementar la productividad de la organización y la calidad de sus productos a través de la participación directa de sus empleados; asumiendo que tal participación, derivará en sugerencias útiles para mejorar los métodos de trabajo y el control de la calidad, involucrando a los mismos empleados en la implementación de esos cambios.

Los círculos de calidad son procesos donde el grupo identifica él o los problemas, establecen prioridades, encuentra causas, propone soluciones y cuando es posible las implementa.

Un círculo de calidad está formado por un equipo normal de trabajo, de 6 a 10 trabajadores de una misma área de trabajo y su superior inmediato, que de manera voluntaria, deciden participar en él. Este grupo lleva a cabo reuniones periódicas para discutir problemas que se han presentado en esa área de trabajo.

Las reuniones se realizan normalmente en tiempo de la compañía regularmente y no sólo cuando se presenta el problema. La decisión de implementar cualquiera de las sugerencias del grupo, queda finalmente a discreción de la dirección de la empresa.

Los círculos de calidad dependen en gran parte de dos elementos importantes: el promotor o facilitador que es el responsable de promover, difundir, medir y evaluar los resultados del programa y el líder o conductor que normalmente es el mismo supervisor, con objeto de mantener a estructura de la organización, pero operando de manera participativa, de tal forma que cualquier persona del grupo, tenga la oportunidad de expresar su opinión.

Del líder se espera que desarrolle ciertas funciones tales como: presidir las reuniones, involucrar a todos los miembros, revisar registros, establecer asignaciones y por supuesto, obtener el provecho esperado de esas reuniones.

Tanto el promotor como el líder, así como los integrantes del grupo son capacitados en dinámica de grupos, resolución de problemas, análisis de información, control estadístico de la calidad, así como en la elaboración de

reportes y presentación de recomendaciones a la dirección, de tal manera que se facilite la efectividad de los círculos de calidad.

Es necesario que los resultados o sugerencias, sean presentados en forma clara, nítida y concisa; así como también es importante que la dirección otorgue su reconocimiento y apoyo a los círculos de calidad.

Es importante mencionar que los círculos de calidad no sustituyen en ninguna forma al control de calidad, sino que son parte del sistema utilizado por las empresas para asegurar la calidad de los productos.

### **Objetivos generales de los círculos de calidad**

Refiriéndonos a los objetivos de un programa de círculos de calidad, existen tres de importancia:

1. Participación del personal
2. Desarrollo de los empleados
3. Generación de beneficios tangibles

### **Beneficios esperados de los círculos de calidad**

Entre los principales beneficios que se obtienen de la operación de los círculos de calidad, tenemos los siguientes:

- Mejoras en la calidad de los productos y en la productividad de la empresa.
- Reducción de costos
- Mejoras en la moral del personal
- Promoción de la satisfacción del personal por su trabajo.
- Autodesarrollo del personal
- Creación de conciencia por la calidad y la productividad
- Mejora en las relaciones humanas dentro de la empresa
- Promoción de la colaboración y el trabajo de grupo
- Mejora en las relaciones comerciales cliente-empresa
- Mejora en la comunicación y lealtad ante la empresa
- Promoción de la creatividad y la inteligencia de la fuerza de trabajo
- Incremento en la participación del mercado
- Mejora de la reputación y prestigio de la empresa.

### **Pasos principales en la operación de los círculos de calidad**

Las principales etapas de operación de los círculos de calidad, son las siguientes:

1. Se seleccionan los problemas a resolver
2. Se define o establece la situación actual del problema
3. Se analiza el problema, obteniendo datos y la información necesaria
4. Se definen las alternativas de solución y decisión por consenso.
5. Se define el plan de implementación
6. Se presenta el plan para su ejecución
7. Se ejecuta el plan
8. Se evalúan los resultados
  - Confirmación del efecto de la mejora realizada
  - Implementación
9. Se tiene un control para mantener el efecto de la mejora

#### **2.3.2 Equipos de trabajo**

Un **grupo** puede definirse como dos o más personas que interactúan entre sí para lograr resultados o determinar requerimientos específicos. Un **equipo** es un grupo cuyos miembros colaboran estrecha e intensamente en la obtención de un resultado u objetivo común.

El uso de los equipos se ha vuelto una mezcla clave en las organizaciones de hoy. Los gerentes de muchas empresas se han dado cuenta de los grandes beneficios de los equipos.

Los equipos de trabajo se deben utilizar cuando se presenta cualquiera de las siguientes condiciones (Ratliff, et al, 1999):

1. Cuando hay más trabajo que hacer, usualmente de un solo tipo, que una persona no puede hacer en un tiempo establecido.
2. Cuando un solo trabajo se realiza mejor en una secuencia de tareas y se requiere que sea completado más rápido de lo que una sola persona lo puede hacer.

3. Cuando un solo trabajo requiere la coordinación e integración de diferentes roles o experiencias.
4. Cuando la solución de un problema requiere la combinación de mayor conocimiento de lo que una sola persona posee.

Cuando ninguna de estas condiciones se presenta los trabajos y tareas deben ser asignadas a las personas en lo individual.

Se han Identificado cuatro tipos básicos de equipos que correspondientes a cada una de las condiciones arriba señaladas:

1. Equipos de trabajo simples
2. Equipos de relevo
3. Equipos de trabajo Integrados
4. Equipos para la solución de problemas

Por lo que se puede ver el trabajo en equipo es y ha sido, a través del tiempo, un elemento valioso para toda clase de organización. Su probada vigencia lo justifica, hoy más que nunca, el que se le considere como un recurso diferencial clave para obtener resultados óptimos en las condiciones actuales.

---

## CAPÍTULO 3

### DEFECTOS

#### 3.1 GENERALIDADES

La mayoría de las organizaciones encuentra difícil y costoso ofrecer al cliente productos con características que sean idénticas de una unidad a otra. La razón principal es la variabilidad. Las fuentes de esta variabilidad incluyen las diferencias de los materiales, diferencias en el desempeño y operación del equipo de manufactura y las diferencias en la manera en que los operadores realizan sus trabajos.

Las características de calidad se evalúan con relación a especificaciones. Las especificaciones son generalmente el resultado del proceso de diseño del producto. La no conformidad de un producto es incumplimiento de un requisito especificado.

Un producto disconforme se considera defectuoso si tiene uno o más defectos que son lo suficientemente graves para afectar de manera importante la seguridad o el uso efectivo del producto.

A continuación se presentan algunos conceptos relativos a la conformidad del producto:

**Defecto (ASQ, 2002):** Es el incumplimiento de un producto o servicio de un requerimiento previsto o expectativa razonable de uso, incluyendo consideraciones de seguridad.

**Defecto (ISO 9000:2000):** Incumplimiento de un requisito asociado a un uso previsto o especificado.

**Requisito:** Necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria. “Generalmente implícita” significa que es habitual o una práctica común para la organización, sus clientes y otras partes interesadas que la necesidad o expectativa bajo consideración esté implícita.

La distinción entre los conceptos defecto y no conformidad es importante por sus connotaciones legales, particularmente aquellas asociadas a la responsabilidad

---

legal de los productos puestos en circulación. Consecuentemente, el término “defecto” debería utilizarse con extrema precaución.

En este trabajo se usan los términos no conformidad y defecto en forma indistinta con el fin de ser consistentes con la literatura actual y con la práctica.

Un defecto es una discrepancia de una característica con lo especificado, mientras que una unidad defectuosa es una unidad de producto que contiene uno o más defectos.

La calificación como “unidad defectuosa” no significa necesariamente que el producto no puede ser utilizado para el uso previsto. Esta distinción no tiene importancia si la unidad de producto no tiene más de un solo defecto, pero es esencial cuando tiene varios defectos. Así, si una determinada unidad de producto presenta tres características no conformes con lo especificado, existirán tres defectos pero tan sólo una unidad defectuosa.

### **3.2 CLASIFICACIÓN DE DEFECTOS**

Algunas características de calidad y algunos defectos son importantes para satisfacer las expectativas de uso previsto, o aptitud de uso; otros no. El artesano de un pueblo y el propietario de un pequeño taller, con su conocimiento de primera mano de la aptitud de uso, son capaces de concentrar sus esfuerzos en las cualidades más importantes. En las modernas, grandes y complejas organizaciones, los obreros, inspectores muchos de los supervisores no tienen completo conocimiento de la aptitud de uso y, por tanto, no tienen demasiado claro dónde han de poner el énfasis y cómo han de tomar sus decisiones.

Para suministrar a gran escala esos conocimientos de que se carece, hay que considerar el concepto de clasificación formal de la gravedad, tanto para las características de calidad como para los defectos. La lista de las características de calidad se obtiene de las especificaciones; la lista de los defectos se obtiene de las evidencias de fallo, durante el uso (por ejemplo, de los informes del servicio posventa) y de las evidencias de no conformidad durante la fabricación (por ejemplo, de los informes de inspección). Cuando estas dos listas son clasificadas por gravedad, la primera es utilizada fundamentalmente para la planificación de la

---

calidad, mientras que la segunda lo es para la planificación de la inspección y para la auditoria de producto.

A continuación se presenta una clasificación de las características de calidad tanto del producto como del proceso a los que se relacionarán los defectos y no conformidades.

*Para las características de calidad del producto:*

Una característica crítica es aquella que amenaza con pérdida de vida o propiedad, o hace el producto no funcional fuera de los límites preescritos.

Una característica mayor es aquella que ocasiona que el producto falle al cumplir su función esperada si está fuera de los límites preescritos.

Una característica menor es aquella que ocasiona que el producto no cumpla totalmente su función esperada si está fuera de los límites preescritos.

Una característica incidental es aquella que no tendrá ningún efecto insatisfactorio sobre la calidad para el cliente.

*Para las características de calidad del proceso:*

Una característica crítica es aquella en la cualquier variación importante a partir de la tolerancia, que puede ocurrir ocasionalmente, provocará una tasa de defecto o mal conformación promedio a largo plazo importante y además inaceptable.

Una característica mayor es donde cualquier variación medida a importante a partir de la tolerancia, que pueda ocurrir ocasionalmente, provocará una tasa de defectos o mal conformaciones promedio a largo plazo inaceptables.

Una característica menor es aquella en que cualquier variación a partir de la tolerancia, que pueda ocurrir ocasionalmente, puede provocar una pequeña tasa de defectos o mal conformaciones promedio a largo plazo.

Una característica incidental es aquella en que cualquier variación de la tolerancia, que pueda ocurrir ocasionalmente, no tendrá consecuencias promedio a largo plazo de mal conformaciones o defectos.

De ahí que los defectos se clasifiquen de forma similar en cuatro clases (ASQ, 2002): clase 1 muy grave, el cual lleva directamente a un daño severo o pérdidas económicas catastróficas; clase 2, grave, el cual lleva directamente a daños y

---

perdidas económicas significativas; clase 3, mayor, esta relacionado a problemas mayores con respecto al uso previsto; y clase 4, menor, que esta relacionado con problemas menores con respecto al uso previsto.

Otra clasificación de los defectos similar es la siguiente (Montgomery, 2004):

1. Defectos clase A- Muy graves. La unidad es por completo inadecuada para el servicio o bien presentará fallas durante el servicio de tal manera que no puedan corregirse fácilmente en el campo, o causará lesiones personales o daño a la propiedad.
2. Defectos clase B- Graves. La unidad posiblemente sufrirá una falla de operación Clase A o con toda seguridad causará problemas de operación no tan graves, o con toda seguridad tendrá una vida útil reducida o costos de mantenimiento incrementados.
3. Defectos clase C- Moderadamente graves. La unidad posiblemente fallará en el servicio o causará un problema menos grave que una falla de operación, o posiblemente tendrá una vida útil reducida o costos de mantenimiento incrementados, o tendrá un defecto importante de terminado, apariencia o calidad de trabajo.
4. Defectos clase D- Menores. La unidad no fallará en servicio pero tiene defectos menores de terminado, apariencia o calidad de trabajo.

También hay quien clasifica los defectos de la siguiente forma (Evans, 2005):

- 1) Defecto crítico: Un defecto crítico es aquel que el juicio y la experiencia señalan que va a dar como resultado condiciones peligrosas o inseguras para las personas que usen, mantengan o dependan del producto y que evitaren el desempeño adecuado del mismo.
- 2) Defecto importante: un defecto importante es aquél que no es crítico, pero que es posible que dé como resultado una falla o reduzca la facilidad de uso de la unidad.
- 3) Defecto menor: Un defecto menor no implica altas probabilidades de reducir la facilidad de uso del producto, ni tener impacto en el uso u operación eficaces de la unidad.

---

### 3.3 SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN DE LA GRAVEDAD (Juran, 1993)

Con productos como automóviles, computadoras o dispositivos mayores, es común encontrar que pueden ocurrir diferentes tipos de disconformidades o defectos. No todos estos tipos de defectos tienen la misma importancia. Una unidad del producto que tenga un solo defecto grave posiblemente se clasificaría como disconforme con los requerimientos, pero una unidad que tenga varios defectos menores podría no ser disconforme necesariamente.

En su empleo más general, las gráficas de porcentaje y fracción defectuosa registran el total de defectos que pueden ser la causa para el rechazo de las unidades. En estas gráficas se pueden identificar visualmente de inmediato los tipos de defectos que ocurren con mayor frecuencia. Por tanto, quizás deberían identificarse y atacarse primero las causas de estos tipos de defectos. La gráfica de Pareto no identifica automáticamente los defectos más importantes, sino sólo los que ocurren con mayor frecuencia. Las críticas contra estas gráficas se refieren a que se consideran todas las causas de rechazo como igualmente malas. El efecto de acumular todo tipo de rechazo, puede traer dificultades de dos áreas diferentes (Feigenbaum, 2004):

1. En el procedimiento de la fábrica para el control interno de la calidad del producto
2. En el procedimiento de la fábrica sobre la estimación de la calidad del producto, de acuerdo con su empleo posterior.

A continuación se discute cada punto:

#### **1. Procedimiento de control interno**

Cuando se acumulan todos los tipos de rechazo en una gráfica de porcentaje o fracción defectuosa, un punto fuera de control puede inquietar en forma innecesaria a la gerencia, pudiendo ser motivado únicamente por una causa menor, de muy escaso valor para su rechazo y fácil de remediarse. Por otra parte el gerente puede sentirse satisfecho cuando observe un punto dentro de control, pero el cual incluye tres o cuatro defectos muy costosos.

A pesar de lo anterior en muchos casos es sano continuar con la práctica de considerar a todos los defectos de igual valor. Por una razón, el tiempo de

---

reproceso es uno de los mayores costos del producto. Tal vez sea necesario emplear el mismo tiempo en el reproceso de un producto con un defecto escaso que en el de otro con un defecto más costoso. El costo de reparación de defectos costosos o leves, tiende a equilibrarse durante una producción larga, ayudando esto a considerar a todos los defectos enmarcados dentro del porcentaje defectuoso como si fueran todos del mismo valor.

Sin embargo, en aquellos casos en los que la relativa seriedad de los diferentes tipos de defectos pueda variar ampliamente, será preferible asignar cierto valor ponderado a cada defecto (Feigenbaum, 2004).

El valor numérico ponderado comparativo entre los defectos críticos, mayores, menores e incidentales variará desde luego de acuerdo con las condiciones particulares del producto. Por ejemplo, a un defecto mayor se le puede asignar el doble de valor que a un defecto menor, o bien un valor veinte veces mayor, dependiendo esto de circunstancias relativas. Estos valores ponderados se pueden incluir en el cálculo de gráficas de control, y en esta forma, la gráfica estará en condiciones de reflejar el verdadero aspecto económico del proceso que se considere.

En el caso de mal conformaciones que se separarán antes del recibo por parte de los clientes, estas ponderaciones pueden determinarse fuertemente en términos de los costos de operación. Si se conoce el verdadero costo de la reparación o el reemplazo, para una característica de calidad en particular, se puede aplicar ese precio en moneda, como coeficiente del defecto.

## **2. Rendimiento de servicio**

Con productos que incluyan varios componentes y cuyo funcionamiento implique complejidad, las diferentes categorías de defectos podrán tener efectos muy variables sobre el rendimiento que proporcione el producto, una vez adquirido por el consumidor. Al reunir todos los defectos en una gráfica de porcentaje defectuoso, se da a la gerencia una idea falsa del resultado que esos defectos anotados pueden tener sobre el rendimiento del producto.

Como se discutió en la sección 3.2, las clasificaciones de defectos en estos casos deben establecerse de acuerdo con la seriedad del efecto de varios defectos

---

sobre la seguridad y desempeño del producto en uso. En el caso de las características de calidad del proceso, pueden establecerse clasificaciones sobre la base de su efecto sobre las tasas promedio inaceptables a largo plazo de defectos y mal conformaciones.

En algunos casos, la ponderación para los defectos críticos, mayores, menores e incidentales deberá incluir el factor económico de control interno y el rendimiento del servicio.

En otras ocasiones la clasificación en defectos críticos, mayores, menores e incidentales se logra mejor asignando valores de demérito por unidad a cada uno de los defectos. A los críticos, mayores, menores e incidentales por tanto, se les podrá asignar valores de demérito de 100, 30,10 y 1 respectivamente (Feigenbaum, 2004).

Las gráficas de control se pueden construir bajo la base de deméritos por unidad, siguiendo el modelo y procedimiento establecido para las gráficas de porcentaje defectuoso.

Los múltiples usos de los sistemas de clasificación de la gravedad hacen deseable que el trabajo de desarrollarlos sea dirigido mediante un comité interdepartamental, que tenga la responsabilidad de bosquejar un plan, modificarlo y recomendarlo para su adopción. Este comité tendría una serie de tareas (Juran, 1993):

1. Determinar la cantidad de estratos o clases de gravedad a utilizar
2. Definir cada clase
3. Clasificar cada defecto en una de esas clases.

**Cantidad de niveles o estratos.** En teoría, este número puede ser cualquiera, por ejemplo a un defecto se le puede asignar peso entre 1 y 1000. En la práctica, tan gran número de pesos es complejo de administrar. Los planes realmente en uso tienen sólo algunas clases. Aunque la elección del número de clases es arbitraria, la experiencia ha mostrado que tres o cuatro son suficientes en la inmensa mayoría de los casos (Juran, 1993).

**Definición de las clases.** Pueden ser varias según la naturaleza del producto, del proceso, etc. Sin embargo, los planes en existencia tienden a mostrar gran similitud en las definiciones, en parte a causa de la influencia del sistema Bell de clasificación.

Las definiciones normalizadas que se adoptaron en el sistema Bell se muestran en la siguiente tabla.

---

**Clase A- Muy grave (Valor de demérito=100)**

---

- a. Seguramente causará un fallo operativo en la unidad de servicio, que no podrá ser rápidamente corregido *in situ*.
- b. Seguramente causará dificultades operativas intermitentes, difíciles de localizar en servicio.
- c. Hará a la unidad totalmente inapta para el servicio.
- d. Expuesto a causar lesiones personales o daños en la propiedad, en condiciones normales de uso.

**Clase B- Grave (Valor de demérito = 50)**

- a. Probablemente causará un fallo operativo en la unidad de servicio, que no podrá ser rápidamente corregido *in situ*.
- b. Seguramente causará un fallo operativo de la unidad de servicio, que podrá ser rápidamente corregido *in situ*.
- c. Seguramente causará dificultades de naturaleza menos grave que un fallo operativo, tal como un rendimiento por debajo de la norma.
- d. Seguramente provocará un incremento en el mantenimiento o reducirá la vida útil.
- e. Causará, al consumidor un incremento de los trabajos de instalación.
- f. Defectos extremos de aspecto o acabado.

**Clase C- Moderadamente Grave (Valor del demérito = 10)**

- a. Posiblemente causará un fallo operativo de la unidad de servicio.
- b. Probablemente causará dificultades de naturaleza menos grave que un fallo operativo, tal como un rendimiento por debajo de la norma.
- c. Probablemente provocará un incremento en el mantenimiento o reducirá la vida útil.
- d. Causará, al consumidor un pequeño incremento de los trabajos de instalación.
- e. Defectos mayores de aspecto, de acabado o de habilidad.

**Clase D- No grave (Valor del demérito =1)**

- a. No afectará a la operación, ni al mantenimiento, ni a la vida de la unidad en servicio (incluidas pequeñas desviaciones de los requisitos técnicos).
  - b. Defectos menores de aspecto, de acabado o de habilidad.
-

---

Es evidente que las listas para cada producto tendrán sus variantes, además de que las listas no son estáticas. El incremento de regulaciones ha tenido posterior influencia en las definiciones, así como el problema de las reparaciones y garantías para los productos de larga vida. También es evidente que las clasificaciones deben tener en cuenta, simultáneamente, múltiples consideraciones, como el rendimiento funcional, los conocimientos del usuario y las pérdidas económicas.

**Clasificación de los defectos.** Esta importante tarea consume tiempo, ya que siempre hay muchos defectos que clasificar. Si las definiciones de las clases han estado bien hechas, el trabajo resulta mucho más fácil.

Durante la clasificación se aclaran muchas confusiones. Se ha observado que la gravedad de importantes defectos visuales depende no tanto de si el inspector puede verlos, como de si puede verlos el consumidor. También se ha visto que algunas palabras que definen defectos deben ser subdivididas; por ejemplo, una “mancha” puede figurar en dos o tres clases, dependiendo de la gravedad y la localización. Por varios aspectos, el trabajo de clasificación de defectos es provechoso, pues aclara conceptos equivocados y aporta nuevos puntos de vista a todos los que participan en él.

Para la clasificación de defectos, la elección ideal es un comité interdepartamental. Esto proporciona a cada departamento la ventaja de la participación activa en el proceso, que además, produce un mejor resultado final. Sin embargo, algunas compañías asignan a un especialista del staff para que prepare una propuesta de clasificación, que luego es revisada por todos los departamentos interesados. El especialista es por lo regular un ingeniero de calidad.

## **CAPÍTULO 4**

### **JERARQUIZACIÓN DE DEFECTOS**

#### **4.1 CASO DE ESTUDIO: MATERIAL AUTOADHERIBLE**

En este capítulo se presentan los datos generados en un periodo de seis meses en el año 2002 en la empresa familiar mexicana de material autoadherible PAMSA. En ese entonces dicha empresa se encontraba en proceso de certificación ISO 9000, por lo que su sistema de calidad aún no era robusto. Se practicaba una actividad que pretendía ser inspección, realizada por un inspector de proceso, la cual consistía en realizar rondines por las áreas productivas observando anomalías con base a su experiencia.

Los datos presentados servirán para ilustrar y al mismo tiempo ayudarán en conjunto con las bases teóricas revisadas en los capítulos anteriores a deducir una guía de jerarquización de defectos.

#### **4.2 DESCRIPCIÓN DE LOS DEFECTOS**

En la industria del material autoadherible se pueden presentar una gran variedad de defectos debido a la naturaleza del producto y su complejidad. En PAMSA los defectos podían ser detectados por la experiencia de muchos años de los operadores e inspectores de proceso. El único estándar de defectos con que se contaba era una pequeña lista de defectos llena de ambigüedades en el laboratorio de control de calidad que sólo conocía el coordinador de calidad.

A continuación se presenta la descripción de los defectos (para ser congruentes con la práctica se nombran como se conocen en la industria del material autoadherible).

Como se explicó en el capítulo 1, el material autoadherible consta de cuatro capas, en cada una de ellas pueden presentarse defectos, así como en la presentación final:

---

### Defectos en el Material Cara o Superficial

- **Cara Opaca:** El material cara o superficial se ve opaca comparada con el material de referencia. Este defecto ocasiona diferencias de color y tonalidad en la impresión que el cliente hace en el material.
- **Cara Picada:** El material presenta puntos marcados. Este defecto ocasiona que al imprimir sobre el material se acumule tinta en los puntos dando una mala apariencia
- **Cara Rayada:** El material presenta líneas en la dirección máquina. Este defecto ocasiona problemas de impresión.
- **Mal Anclaje de Tintas:** El material presenta problemas para retener las tintas en impresión.
- **Manchas de Adhesivo en Cara:** El material presenta manchas de adhesivo por lo que la apariencia de la impresión es mala.
- **Manchas de Grasa:** El material presenta manchas de grasa por lo que la apariencia de la impresión es mala.
- **Cara con Polvo:** El material presenta polvo lo que afecta el proceso de impresión.
- **Mal Anclaje de Adhesivo:** Las películas plásticas no polares como Polietileno necesitan contar con un tratamiento previo para que el adhesivo pueda anclar en el revés de la película

### Defectos en la Capa de Adhesivo

- **Adhesivo Abierto:** Se le llama así al hecho de que la capa de adhesivo no forme una película uniforme presentándose lagunas sin adhesivo, lo que provoca problemas de adherencia.
- **Adhesivo Descalibrado:** La capa de adhesivo no tiene un calibre o espesor constante a lo ancho del material ocasionando que el rollo producido pueda presentar el efecto de telescopio.
- **Adhesivo Fresco:** Este defecto se presenta cuando no se completa el proceso de evaporación total de agua del mismo, quedando adhesivo líquido en la

estructura. Al abrir ésta se observan hebras de adhesivo por lo que las etiquetas no tendrán adhesivo para adherirse

- **Adhesivo Trasminado:** El adhesivo contiene ingredientes que migran hacia el papel superficial o cara ocasionando problemas de apariencia en impresión.
- **Depósito de Adhesivo fuera de Especificación:** Se presenta cuando la capa de adhesivo contiene una cantidad de adhesivo (medido en  $g/m^2$ ) fuera de lo especificado. Si se encuentra por abajo ocasiona problemas de adhesión y si está por arriba de la especificación se desperdicia adhesivo.
- **Margen Grande:** Se presenta cuando el ancho útil de la capa de adhesivo en la estructura es menor al especificado.
- **Peel Alto:** Se presenta cuando la fuerza de adhesión es mayor a la especificada (sólo para adhesivos removibles).
- **Pegado:** Se presenta cuando el adhesivo sale por los cantos del rollo ocasionando que las capas de material se peguen unas con otras.
- **Rayas de Adhesivo:** Como su nombre lo indica son rayas sin adhesivo que se presentan en la dirección máquina del material, generalmente son defectos críticos en películas transparentes donde son evidentes.

#### **Defectos en la Capa Antiadherente**

- **Sellado:** Se presenta cuando no se puede desprender el respaldo removible. Es decir, el material superficial con adhesivo se pega a un respaldo que debe ser antiadherente.
- **Release Alto:** Se presenta cuando la fuerza de desprendimiento del respaldo antiadherente está por arriba de la especificación, ocasionando roturas del respaldo en el dispensado automático de etiquetas.

#### **Defectos en el Respaldo Removible**

- **Diferente tono del Respaldo:** La tonalidad del respaldo es diferente al material de referencia.

- **Respaldo Equivocado:** Se presenta cuando se ensambla una estructura con un respaldo que es diferente al especificado.

#### **Defectos en la Estructura Ensamblada**

- **Aberturas:** Se presentan una especie de surcos de aire cuando las capas de material no se encuentran perfectamente ensambladas.
- **Arrugas:** Como su nombre lo indica son arrugas del superficial o del respaldo en el ensamble de la estructura.
- **Marcas de Humedad:** Se presenta cuando la humectación no es uniforme, ocasionando marcas en la estructura.
- **Exceso de Uniones:** Numero de Uniones por encima de lo especificado.

#### **Defectos en la presentación final del material**

- **Embobinado Flojo:** Se presenta cuando la bobina no posee la tensión especificada, tendiendo al efecto de telescopio.
- **Material Equivocado:** Se presenta cuando se corta en bobinas un rollo de un material diferente al que solicitó el cliente.
- **Material Maltratado o Sucio:** Como su nombre lo indica es material que se maltrata o se ensucia en el almacenamiento o la entrega al cliente.

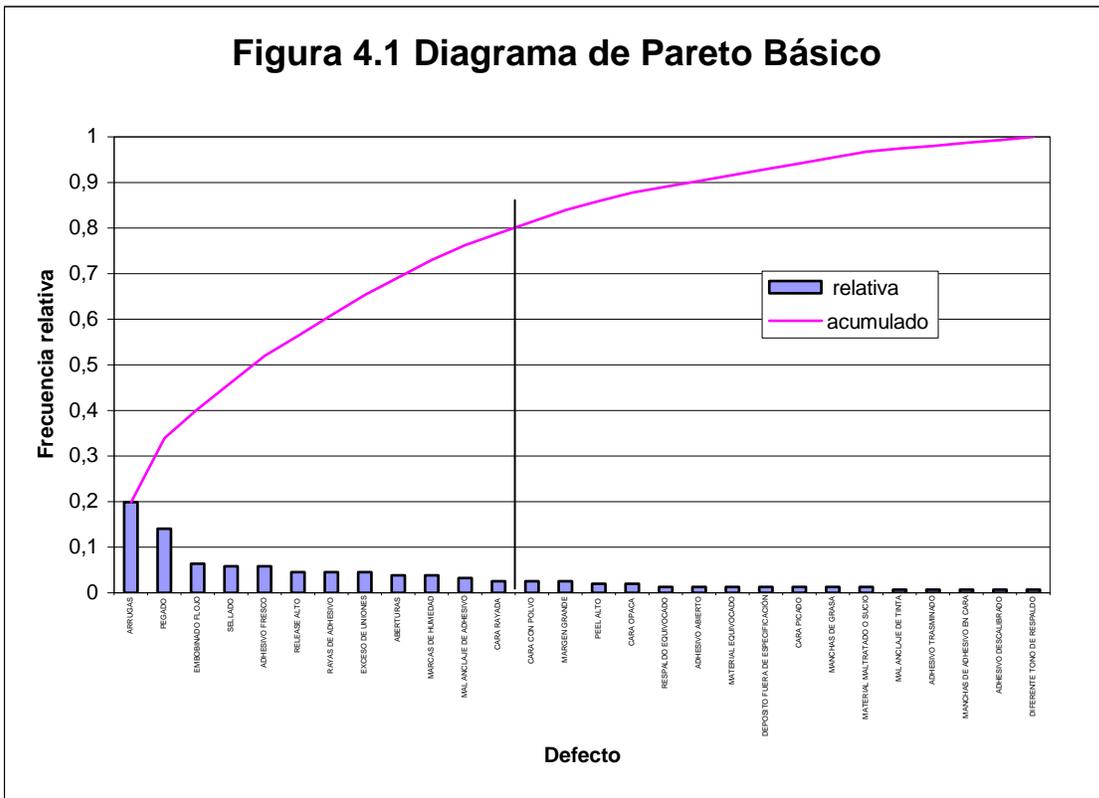
### **4.3 CLASIFICACIÓN DE GRAVEDAD DE DEFECTOS**

Una vez que los defectos se han definido se deben de clasificar de acuerdo con su gravedad de acuerdo al apartado 3.3 de esta trabajo. En la tabla 4.1 se muestra una propuesta de clasificación y los datos que se utilizarán en el desarrollo de este capítulo, lo cuales son: cantidad de material defectuoso (expresada en metros cuadrados) y frecuencia con la que se presentó el defecto en un periodo de 6 meses.

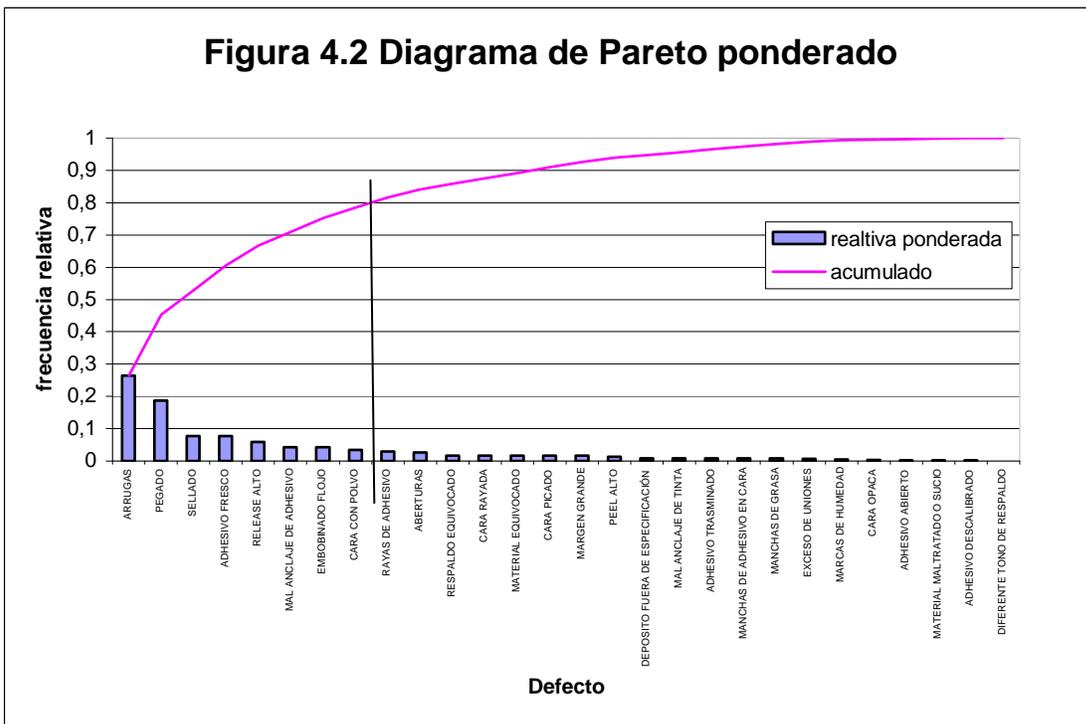
Tabla 4.1

Defecto	Gravedad	Valor de Demérito	Cantidad (m <sup>2</sup> )	Frecuencia
ABERTURAS	Grave	50	6044,4	6
ADHESIVO ABIERTO	Moderadamente grave	10	7360,0	2
ADHESIVO DESCALIBRADO	Moderadamente grave	10	267,0	1
ADHESIVO FRESCO	Muy Grave	100	23537,0	9
ADHESIVO TRASMINADO	Muy Grave	100	170,1	1
ARRUGAS	Muy Grave	100	13368,3	31
CARA OPACA	Moderadamente grave	10	7395,0	3
CARA PICADO	Muy Grave	100	421,2	2
CARA RAYADA	Grave	50	18091,2	4
DEPOSITO FUERA DE ESPECIFICACIÓN	Grave	50	4334,0	2
DIFERENTE TONO DE RESPALDO	No grave	1	990,0	1
EMBOBINADO FLOJO	Grave	50	7702,2	10
EXCESO DE UNIONES	Moderadamente grave	10	2832,4	7
MAL ANCLAJE DE ADHESIVO	Muy Grave	100	12881,1	5
MAL ANCLAJE DE TINTA	Muy Grave	100	1440,0	1
MANCHAS DE ADHESIVO EN CARA	Muy Grave	100	267,0	1
MANCHAS DE GRASA	Grave	50	76,5	2
MARCAS DE HUMEDAD	Moderadamente grave	10	1281,5	6
MARGEN GRANDE	Grave	50	204,0	4
MATERIAL EQUIVOCADO	Muy Grave	100	1257,6	2
MATERIAL MALTRATADO O SUCIO	Moderadamente grave	10	931,9	2
PEEL ALTO	Grave	50	8540,0	3
PEGADO	Muy Grave	100	8611,3	22
CARA CON POLVO	Muy Grave	100	14955,0	4
RAYAS DE ADHESIVO	Grave	50	958,5	7
RELEASE ALTO	Muy Grave	100	12936,0	7
RESPALDO EQUIVOCADO	Muy Grave	100	10316,0	2
SELLADO	Muy Grave	100	9383,6	9

El diagrama de Pareto básico resultante sería el siguiente:



El diagrama de Pareto modificando los conteos de frecuencia con deméritos sería:



Como puede observarse en la figura 4.1, el 80% de los defectos son de trece tipos, al usar la ponderación por deméritos la cantidad de defectos significativos disminuye a nueve (figura 4.2). En ambos diagramas se observa por ejemplo, que el defecto de adhesivo fresco aparece entre los principales, sin embargo, cuando este defecto se presenta, basta con dejar reposar los rollos de material alrededor de dos días para poder recuperarlo al 100% como producto aprobado, por lo que sería deseable introducir otros criterios de ponderación. Para ello se elaboró una matriz, dicha matriz considera varios criterios para calificar los defectos.

Los criterios de jerarquización fueron:

- Costo (relacionado con los m<sup>2</sup> de material defectuoso)
- Frecuencia y Continuidad de los defectos
- Recuperabilidad
- Gravedad

**Costo:** El peso que se asignó a cada defecto fue relativo con respecto a la cantidad (m<sup>2</sup>) total de material defectuoso.

**Frecuencia:** Se tomó en cuenta el número de veces que se presentó el defecto en seis meses. El peso asignado fue relativo con respecto al número total de incidencias.

En este rubro también se tomó en cuenta la continuidad del defecto, es decir si el problema se había presentado continuamente o si sólo apareció en un período.

Se multiplicó el valor obtenido en la frecuencia por:

**3/3** Cuando el defecto se presenta  
continuamente

**2/3** A veces se presenta y a veces no

**1/3** Cuando sólo fue un lote

**Recuperabilidad:** Este criterio se refiere a la posibilidad de recuperar por medio de un reproceso un material que no cumple con especificaciones. El término reproceso se define según la ISO 9000:2000 como una acción tomada sobre un producto no conforme para que cumpla con los requisitos.

La escala va de 1 al 100 siendo el 1 para el material que se puede recuperar casi en su totalidad, 50 cuando sólo se recupera en parte y 100 cuando no se puede recuperar nada.

**Gravedad:** Se tomo el peso por deméritos asignado en la tabla 4.1

Finalmente, se multiplican las puntuaciones de todos los criterios para dar un índice de prioridad (como en un AMFE).

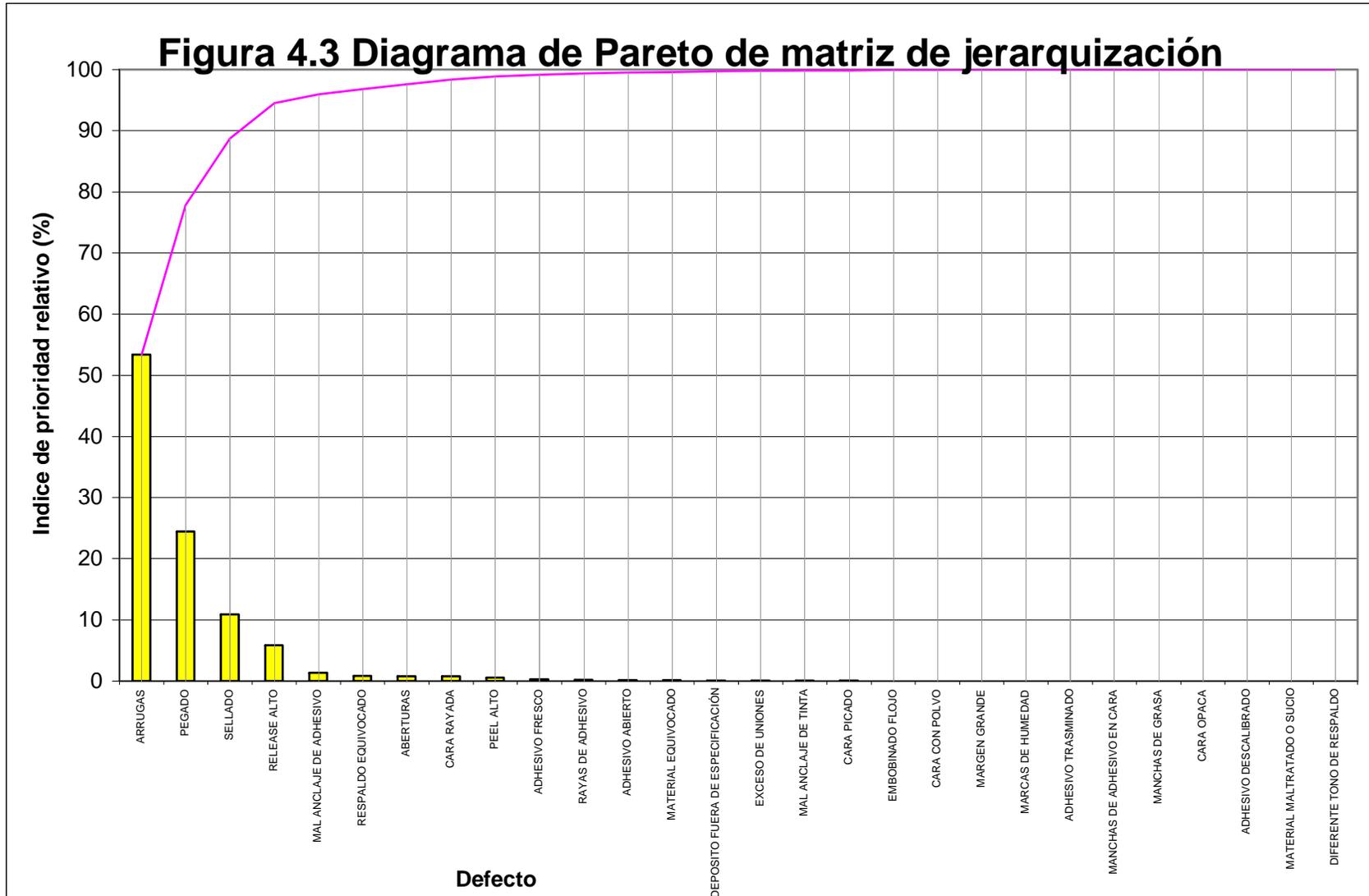
Como puede observarse en la tabla 4.2 y en la figura 4.3, la distribución se hizo más estrecha por lo que la cantidad de defectos que abarcan el 80% del total disminuyo a tres, así mismo son los defectos en los que se deberían enfocar los esfuerzos de mejora de la calidad. Dichos defectos se nombran a continuación:

- ARRUGAS
- PEGADO
- SELLADO

Al poder discriminar mejor los defectos más significativos que está generando el sistema se pueden orientar mejor los esfuerzos de mejora de la calidad. El siguiente capítulo presenta una forma de atacar los problemas de calidad en esta empresa.

Tabla 4.2. MATRIZ DE JERARQUIZACIÓN

Defecto	Costo	Frecuencia	Recuperabilidad	Gravedad	Índice de Prioridad	Índice de Prioridad relativo%	%acumulado
ARRUGAS	0,076	0,199	100	100	150,47	53,41	53,41
PEGADO	0,049	0,141	100	100	68,78	24,42	77,83
SELLADO	0,053	0,058	100	100	30,66	10,88	88,71
RELEASE ALTO	0,073	0,045	50	100	16,44	5,84	94,54
MAL ANCLAJE DE ADHESIVO	0,073	0,011	50	100	3,86	1,37	95,91
RESPALDO EQUIVOCADO	0,058	0,008	50	100	2,47	0,88	96,79
ABERTURAS	0,034	0,025	50	50	2,17	0,77	97,56
CARA RAYADA	0,102	0,008	50	50	2,17	0,77	98,33
PEEL ALTO	0,048	0,013	50	50	1,53	0,54	98,88
ADHESIVO FRESCO	0,133	0,058	1	100	0,77	0,27	99,15
RAYAS DE ADHESIVO	0,005	0,045	50	50	0,61	0,22	99,37
ADHESIVO ABIERTO	0,042	0,008	100	10	0,35	0,13	99,49
MATERIAL EQUIVOCADO	0,007	0,008	50	100	0,30	0,11	99,60
DEPOSITO FUERA DE ESPECIFICACIÓN	0,025	0,004	50	50	0,26	0,09	99,69
EXCESO DE UNIONES	0,016	0,030	50	10	0,24	0,08	99,77
MAL ANCLAJE DE TINTA	0,008	0,002	100	100	0,17	0,06	99,84
CARA PICADO	0,002	0,013	50	100	0,15	0,05	99,89
EMBOBINADO FLOJO	0,044	0,042	1	50	0,09	0,03	99,92
CARA CON POLVO	0,085	0,008	1	100	0,07	0,03	99,95
MARGEN GRANDE	0,001	0,017	50	50	0,05	0,02	99,97
MARCAS DE HUMEDAD	0,007	0,013	50	10	0,05	0,02	99,98
ADHESIVO TRASMINADO	0,001	0,002	100	100	0,02	0,01	99,99
MANCHAS DE ADHESIVO EN CARA	0,002	0,002	50	100	0,02	0,01	100,00
MANCHAS DE GRASA	0,000	0,008	50	50	0,01	0,00	100,00
CARA OPACA	0,042	0,006	1	10	0,00	0,00	100,00
ADHESIVO DESCALIBRADO	0,002	0,002	50	10	0,00	0,00	100,00
MATERIAL MALTRATADO O SUCIO	0,005	0,004	1	10	0,00	0,00	100,00
DIFERENTE TONO DE RESPALDO	0,006	0,002	1	1	0,00	0,00	100,00



---

## 4.4 RESUMEN

Con base en los datos analizados en este capítulo y las herramientas descritas en los capítulos anteriores la secuencia lógica para priorizar los defectos del producto se describen a continuación:

**1. Recopilación de lista de defectos.** La lista de los defectos se obtiene de las evidencias de fallo, durante el uso (por ejemplo, de los informes del servicio posventa) y de las evidencias de no conformidad durante la fabricación (por ejemplo, de los informes de inspección).

**2. Descripción formal de los defectos.** Con base en la lista de defectos se debe elaborar un estándar del defecto o definirlo claramente sin lugar a ambigüedad, con el fin de asegurar que el criterio para identificarlo será el mismo para todos.

**3. Llevar a cabo una clasificación formal de la gravedad.** Esto se puede hacer en base al sistema de ponderación descrito en el capítulo anterior, sección 3.3 que consiste básicamente en:

- a) Determinar la cantidad de estratos o clases de gravedad a utilizar
- b) Definir cada clase
- c) Clasificar cada defecto en una de esas clases.

**4. Recopilación de datos.** Una vez que los defectos se han definido, se puede usar la información recopilada durante un periodo representativo de tiempo en los registros y reportes de no conformidades detectadas en planta y las reportadas por los clientes para realizar el análisis.

**5. Jerarquizar.** Elaborar un diagrama de Pareto modificado con la ponderación por deméritos o si se dispone de mayor información sería recomendable elaborar una matriz de jerarquización. Con base al principio de Pareto determinar cuáles son los defectos más importantes de atacar.

La información generada en el punto 2 y 3 puede ser la base para poder realizar inspecciones si se definen también los niveles de calidad aceptables (AQL, por sus siglas en inglés) o se pueden incluir los valores ponderados en el cálculo de gráficas de control, y en esta forma, la gráfica estará en condiciones de reflejar el verdadero aspecto económico del proceso que se considere.

---

## CAPÍTULO 5

### MEJORA DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO

#### 5.1 ANTECEDENTES

Como se describió en el capítulo 2, existen numerosas metodologías para la mejora, la mayoría son variaciones sencillas unas de otras. En la empresa PAMSA se empezó a usar la metodología de los círculos de calidad en equipos de trabajo, con la llegada del gerente de una planta hermana, dicho gerente había impulsado en esa planta a ganar un premio nacional de círculos de calidad. En este capítulo se presentan dos ejemplos del uso de la metodología.

Las principales etapas de operación de los círculos de calidad, son las siguientes:

1. Se seleccionan los problemas a resolver
2. Se define o establece la situación actual del problema
3. Se analiza el problema, obteniendo datos y la información necesaria
4. Se definen las alternativas de solución y decisión por consenso.
5. Se define el plan de implementación
6. Se presenta el plan para su ejecución
7. Se ejecuta el plan
8. Se evalúan los resultados
  - Confirmación del efecto de la mejora realizada
  - Implementación
9. Se tiene un control para mantener el efecto de la mejora

Las cuales son similares a los pasos de empleados en PAMSA:

1. Identificación del Problema
2. Planeación
3. Análisis del Problema
4. Análisis de las Soluciones
5. Implantación
6. Confirmación del efecto
7. Estandarización
8. Conclusión

Para empezar con el paso 1 de la metodología los resultados del capítulo anterior son de utilidad. Como puede verse en la matriz de jerarquización los defectos de sellado y release alto aparecen en 3º y 4º lugar en prioridad respectivamente y son los que se abordarán en este capítulo. Estos dos defectos están vinculados directamente a la capa antiadherente y son problemas de desprendimiento. En la siguiente sección se describen brevemente algunos aspectos técnicos de dicha capa para entender mejor la problemática.

### **5.1.1 Generalidades sobre la capa antiadherente**

Las fallas que pueda tener la capa antiadherente del respaldo siliconado dan lugar a los defectos de Release Alto y Sellado.

La calidad de un respaldo siliconado se puede determinar evaluando cuatro propiedades básicas (DC, 1993):

- 1) Depósito de Silicona ( $\text{g/m}^2$ )
- 2) Cobertura
- 3) Curado
- 4) Desempeño de la Fuerza de Desprendimiento (Release)

La cantidad de silicona adecuada al tipo de aplicación se debe depositar en el respaldo, debe estar distribuida uniformemente y curada enteramente para asegurar una transferencia mínima de silicona residual. Entonces, cuando se encuentre en su aplicación y uso final, el respaldo debe proporcionar lisura, y un desprendimiento consistente y uniforme. La siguiente tabla presenta las propiedades del respaldo siliconado y sus métodos de evaluación.

Propiedad a ser medida	Método	Comentarios
Depósito de Silicona	Fluorescencia de Rayos X	Es una prueba simple, preparación no destructiva de la muestra; precisión excelente y rango de sensibilidad; apropiado para muchos sustratos.
Cobertura	Prueba la tinta	Se cubre con una tinta especial el respaldo siliconado, se limpia y se observa si se presenta alguna penetración de la tinta al papel, ésta debe ser mínima ya que la capa de silicona debe ser impermeable.
Curado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prueba de Grasa</li> <li>• Extracción y análisis subsecuente</li> </ul> Solventes: Heptano, Tolueno y metil isobutil cetona. Tiempo mínimo de extracción: 12horas	Si al frotar el respaldo siliconado con los dedos se observan marcas de grasa, la silicona no esta bien curada.  Un respaldo siliconado bien curado debe tener un contenido de siliconas extraíbles menor de 5 %.
Fuerza de Desprendimiento (Release)	Fuerza para separar el respaldo del material cara con adhesivo. Velocidad de Desprendimiento: 300 in/min. Angulo: 180° Ancho de la muestra: 2" Release en añejado: Medido bajo condiciones estándar de temperatura y humedad: a 1,7,14, 28 después de la laminación. Release en añejamiento acelerado: Se mide después de añejar el laminado por 20 hrs a 70°C bajo una presión de 0.25 psi.	

A continuación se presenta el tratamiento para los problemas de desprendimiento que incluyen: en el primer ejemplo un problema de fuerza desprendimiento arriba de especificación (release alto) que apareció con mucha frecuencia en un corto período de tiempo y en el segundo ejemplo se presenta el tratamiento de los problemas de sellado.

## 5.2 TRATAMIENTO DE LOS DEFECTOS

Proyecto: Release

### 5.2.1 Parte 1: "Release Alto"

#### 1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En los últimos meses del año 2001 y principios de 2002 se recibieron 12 de 36 reclamaciones y devoluciones de los clientes con respecto a secciones con release alto, principalmente en el producto 22B73. Cuando se analizaron en el laboratorio las muestras de respaldo siliconado no se observaron problemas normales de un mal curado, lo cual hizo pensar en un problema de "contaminación".

Devoluciones por este motivo al 28/01/2002:	7
Reclamaciones por este motivo al 28/01/2002	5

El Equipo de Trabajo para dar seguimiento a este problema quedó formado por:

Nombre	Puesto	Cargo
Armando C.	Operador de Siliconadora	Integrante
César C.	Coordinador de A. Calidad	Integrante
Ezequiel R.	Ayudante de Siliconadora	Integrante
Francisco M.	Operador de Siliconadora	Integrante
Juan P.	Supervisor de Producción	Integrante
Rosalba G.	Inspector de Proceso	Coordinador
Rutilio M.	Ayudante de Siliconadora	Integrante

Este equipo se reunió los días Martes con un horario de 14 a 15hrs.

#### 2. PLANEACIÓN

Se estableció la siguiente meta: Erradicar las quejas y devoluciones por este motivo al 100% en un plazo no mayor a 3 meses.

##### Programa de Actividades

Actividad	Inicio	Conclusión
Análisis del Problema	7 Ene 2002	14 Ene 2002
Análisis de Soluciones	14 Ene 2002	21 Ene 2002
Implantación	21 Ene 2002	28 Ene 2002
Confirmación del Efecto	28 Ene 2002	22 Mar 2002
Estandarización	22 Mar 2002	27 Mar 2002
Conclusión	27 Mar 2002	5 Abril 2002

### 3. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

En este punto se realizó un análisis por parte de todo el equipo, determinando las siguientes causas potenciales del problema.

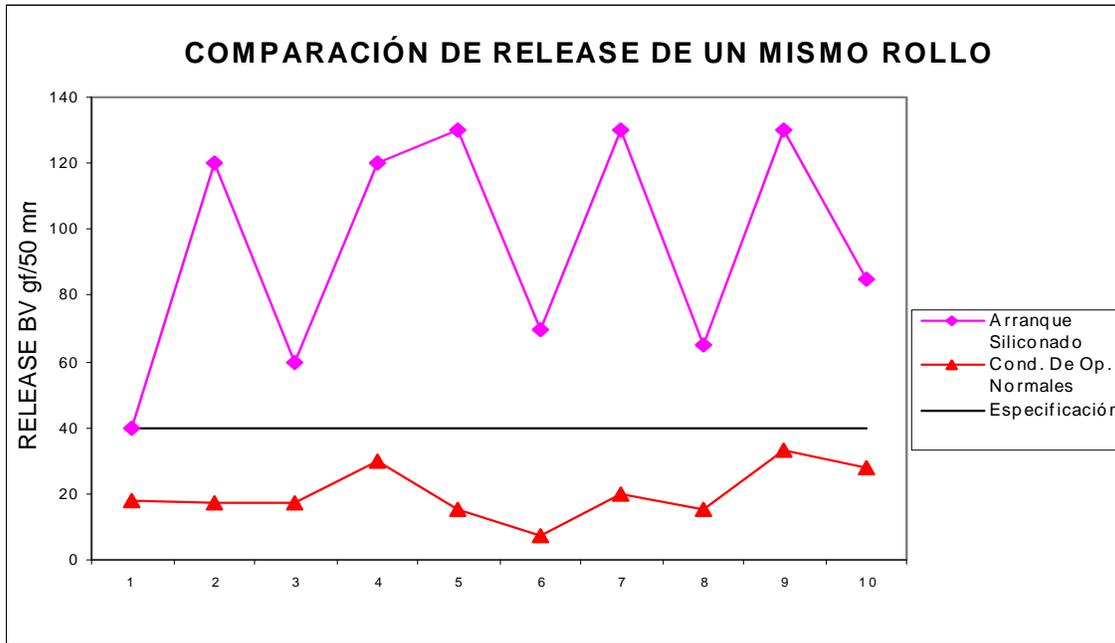
Categoría	Causa
Problemas del Respaldo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Respaldo Poroso</li> <li>Respaldo con un pH alcalino</li> </ul>
Problemas del Material Cara	<ul style="list-style-type: none"> <li>Material cara con aditivos que afectan la silicona</li> </ul>
Problemas del Adhesivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adhesivo Contaminado</li> </ul>
Problemas de Silicona	<ul style="list-style-type: none"> <li>Preparación de silicona inadecuada</li> <li>Resina Contaminada</li> <li>Silicona contaminado en el sistema</li> </ul>
Problemas de Operación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Condiciones de Operación inapropiadas en el arranque del siliconado.</li> </ul>

Estas causas se analizaron para determinar las causas reales del problema:

Causa	Efecto	Contribuye?
Respaldo Poroso	No se encontró ninguna diferencia en los respaldos evaluados. Se presenta el problema con respaldos SCK de dos proveedores por igual.	NO
Respaldo con un pH alcalino	No se encontró ninguna diferencia en los respaldos evaluados. Se presenta el problema con respaldos de dos proveedores por igual	NO
Material superficial con aditivos que afectan el silicón	El proveedor nos indicó que el material no tiene incorporado algún aditivo que pudiera afectar al silicón. El problema también se detectó con papel térmico y Polipropileno.	NO
Adhesivo Contaminado	Se mandaron a analizar muestras y no se encontró contaminación en el adhesivo. También se laminó en laboratorio respaldo problema, con papeles con adhesivo que no mostraron el problema y se observó que con el paso del tiempo la fuerza de release aumentó de la misma manera.	NO
Preparación de silicona inadecuada	Si la preparación fuera inadecuada todo el respaldo siliconado con ese tambor tendría release alto.	NO

Resina Contaminada	Si la resina llegará contaminada todo el respaldo siliconado con ese tambor tendría release alto, y el problema sólo se presenta en secciones.	NO
Silicona contaminada en el sistema	Si la silicona se contaminara en el sistema todo el respaldo siliconado tendría release alto.	NO
Condiciones de Operación inapropiadas en el arranque del siliconado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De acuerdo a la experiencia en la inspección del producto, se había encontrado release alto al final del producto laminado que siempre coincidía con el arranque de un rollo siliconado. El respaldo de esta zona tiene las mismas características que el respaldo problema (no se observa grasa ni penetración) y muchas veces llegaban a sanearse hasta 300 m por ese problema.</li> <li>• El respaldo de esa zona tiene un desprendimiento más fuerte en la parte central (a lo ancho) y un poco más suave en un extremo. Este extremo coincide con la región del túnel donde se tiene menor cantidad de calor.</li> <li>• Al monitorear los arranques de cada rollo de respaldo siliconado en el autoadherible, se encontró que en muchos de los rollos se presentaba el problema de release alto en la parte cercana al centro de cartón y sólo con la Fórmula 5.</li> <li>• Este mismo problema se observó en una ocasión no sólo en el arranque de rollos de respaldo siliconado sino en varias partes de una producción, lo que coincidió con la operación manual de las temperaturas de uno de los quemadores (no funcionaba el control automático). Los operadores alcanzaban temperaturas de hasta 300°C y posteriormente apagaban el quemador (De esa manera lo controlaban).</li> <li>• La mayoría de las reclamaciones y devoluciones por ese motivo tenían sólo una área con ese problema (alrededor de 200 m) y esta área estaba cerca del centro de cartón o de una unión.</li> <li>• Muchos de los respaldos que tienen esa clase de release alto presentan una tonalidad amarillenta (demasiado calor), la cual unas veces ligera y otras es intensa.</li> </ul>	SÍ

Figura 5.2.1



#### 4. ANÁLISIS DE LAS SOLUCIONES.

Para corregir las causas reales del problema se propusieron las siguientes soluciones:

Causa	Solución
<p><i>Condiciones de Operación inapropiadas en el arranque del siliconado.</i></p> <p>La cantidad de calor es excesiva debido a un tiempo de residencia mayor en la etapa de arranque (Velocidad más baja) y sólo se presenta con la Fórmula 5.</p>	<p>Buscar condiciones de operación en el arranque que proporcionen un release adecuado (No usar una Temperatura elevada en el quemador de entrada)</p>

Se evalúan las soluciones para determinar las mejores:

Solución	Resultados Obtenidos
<p>Buscar condiciones de operación en el arranque que proporcionen un release adecuado (No usar una Temperatura elevada en el quemador de entrada)</p>	<p>Al evaluar el release de la parte correspondiente al arranque se obtienen valores dentro de especificaciones.</p>

## 5. IMPLANTACIÓN

Se realizó un programa de implantación para estas soluciones, estableciendo responsables y fechas

<b>Solución</b>	<b>Responsable</b>	<b>Fecha Compromiso</b>
No usar una Temperatura elevada en el quemador de entrada	Operadores	28/ Enero/2002

## 6. CONFIRMACIÓN DEL EFECTO

Se realizó un comparativo de los datos al inicio del proyecto con los reportados en esta etapa del proyecto para conocer el grado de avance del proyecto, evaluando a la vez los efectos secundarios que se pudieran obtener:

<b>Solución</b>	<b>Resultado</b>	<b>Efectos Secundarios</b>
No usar una Temperatura elevada en el quemador de entrada	Se corrige el problema	Se tiene que muestrear la parte correspondiente al arranque del siliconado en el autoadherible, por que de otra manera no se puede observar el problema.

<b>Problema o Situación</b>	<b>Inicio</b>	<b>Actual</b>
Release alto por "Contaminación"	7 Devoluciones 5 Reclamaciones	0 Reclamaciones y 0 Devoluciones desde la implantación de la Solución (28/Enero/2002)

## 7. ESTANDARIZACIÓN

Se estandarizaron las soluciones encontradas.

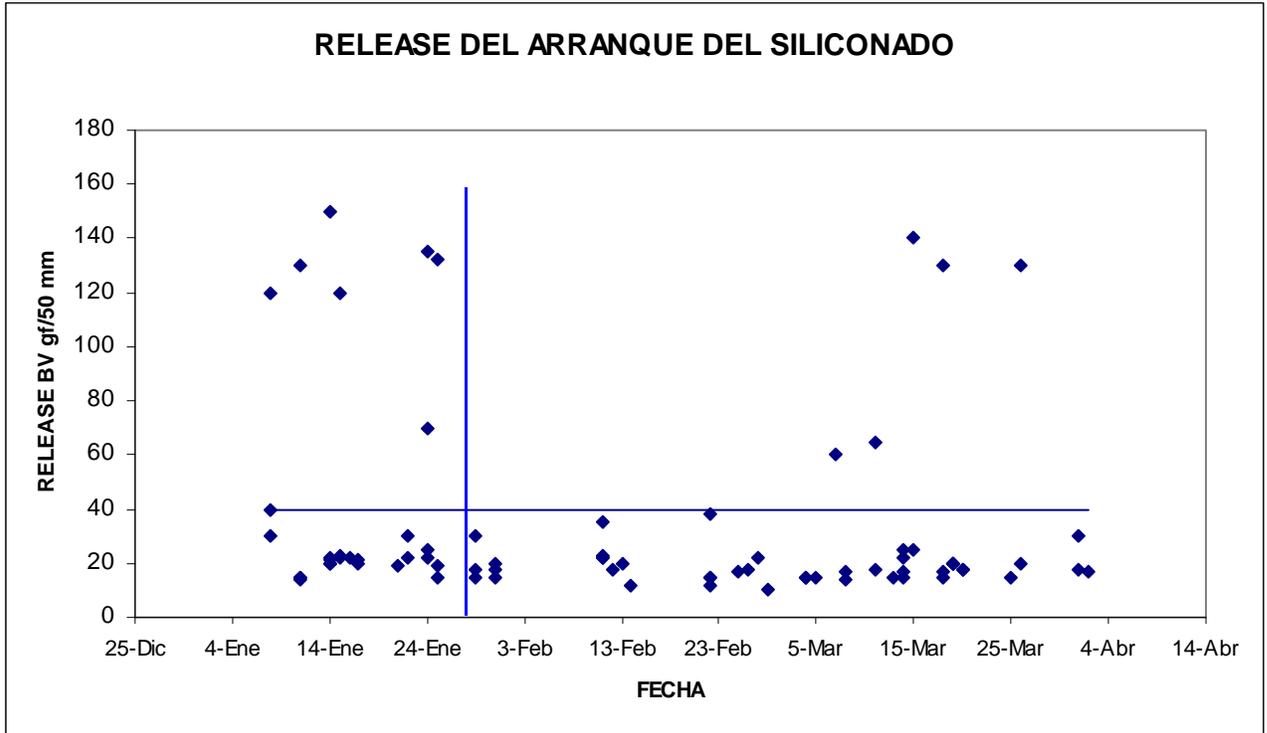
Solución	Estandarización	Responsable
No usar una Temperatura elevada en el quemador de entrada	Cuando se use Fórmula 5, prender quemadores para calentar sin que el derecho rebase los 100°C, el quemador izquierdo debe alcanzar la Temperatura especificada en la orden de trabajo en el momento que se arranque y el quemador derecho debe estar apagado, cuando se empiece a aumentar la velocidad prender el quemador derecho y continuar con el aumento de velocidad hasta llegar a la velocidad normal de operación.	Operadores

## 8. CONCLUSIÓN

Finalmente se realizó una comparación de resultados contra la meta:

Situación Inicial	Situación Final	Resultado	Meta
7 Devoluciones 5 Reclamaciones	0 Reclamaciones y 0 Devoluciones desde la implantación de la solución (28/01/02) Es importante hacer notar que el defecto no llega al cliente, sin embargo, en ocasiones se ha presentado el problema de nuevo (ver gráfico) y tenemos que sanear el área afectada (130 m aprox). Por lo tanto, es necesario continuar con un análisis más profundo del problema, para reducir las mermas asociadas y eliminar el muestreo de esa área.	Se disminuyeron en un 100% las Devoluciones y Reclamaciones desde la implantación de la solución	Reducción de 100% de Reclamaciones y Devoluciones.

Figura 5.2.2



**Nota:** la línea vertical representa la fecha de implantación de la solución y la horizontal el valor de release máximo permisible.

Tiempo del Proyecto	Meta
3 Meses	3 Meses

Proyecto: Release

## 5.2.2 Parte 2: “Eliminación de Áreas Selladas”

### 1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Las Areas Selladas incluyen:

- Líneas sin silicona
- Sellado en la totalidad de una área
- Areas pequeñas sin silicona

Número de Devoluciones y Reclamaciones por estos motivos en el año 2001	14
Cantidad de material de Devolución por estos motivos en el año 2001	5526 m <sup>2</sup>

El Equipo de Trabajo para dar seguimiento a este problema quedó formado por:

Nombre	Puesto	Cargo
Armando C.	Operador de Siliconadora	Integrante
César C.	Coordinador de A. Calidad	Integrante
Ezequiel R.	Ayudante de Siliconadora	Integrante
Francisco M.	Operador de Siliconadora	Integrante
Juan P.	Supervisor de Producción	Integrante
Rosalba G	Inspector de Proceso	Coordinador
Rutilio M.	Ayudante de Siliconadora	Integrante

Este equipo se reunió los días Martes con un horario de 14 a 15hrs.

### 2. PLANEACIÓN

Se estableció la siguiente meta: Erradicar las quejas y devoluciones por este motivo al 100% en un plazo no mayor a 4 meses.

#### Programa de Actividades

Actividad	Inicio	Conclusión
Análisis del Problema	11 de Febrero	25 de Febrero
Análisis de Soluciones	26 de Febrero	25 de Marzo
Implantación	26 de Marzo	8 de Abril
Confirmación del Efecto	9 de Abril	7 de Junio
Estandarización	10 de Junio	14 de Junio
Conclusión	10 de Junio	14 de Junio

### 3. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

En este punto se realizó un análisis por parte de todo el equipo. Para determinar las causas potenciales de problema se trabajó con una matriz con los criterios que se incluyen usualmente en los Análisis de Modo de Falla (ver siguiente página).

CAUSAS	FRECUENCIA	RIESGO	DETECCIÓN	IPR	Prioridad
Levantamiento del rodillo aplicador por paro	2	10	8	160	3
Grumos en la rasqueta recortadora	4	8	9	288	1
Secado de silicón en la charola	1	1	10	10	8
Papel fuera de registro	2	8	8	128	4
Falla en los pistones del rodillo de neopreno (rodillo de apoyo)	1	8	8	64	5
Rodillo de neopreno golpeado	2	8	8	128	4
Rodillo Grabado tapado	5	10	5	250	2
Falla en el nivel de silicón en la charola	1	10	4	40	6
Falta de limpieza en cambio de silicón	1	6	5	30	7
Tallado del papel en el túnel de secado	1	8	8	64	5
Falta de limpieza en el túnel de secado	1	8	8	64	5
Arrugas del respaldo	1	8	5	40	6

**FRECUENCIA:** Nos indica la frecuencia con que la causa aparece

1 Si la causa no se presenta nunca

10 Si la causa se presenta con demasiada frecuencia

**RIESGO:** Nos indica que tanto afecta la causa a la generación del problema, sin importar si la causa es frecuente o no.

1 Afecta poco a la generación del problema

10 Afecta mucho a la generación del problema

**DETECCIÓN:** Nos indica qué tan buenos son nuestros métodos o sistemas para detectar que una determinada causa se presenta, sin importar frecuencia y riesgo.

1 Si nuestros métodos o sistemas de detección son excelentes para detectar la causa

10 Si nuestros métodos o sistemas de detección son malos para detectar la causa

**IPR:** índice de Prioridad y Riesgo. Es el resultado de la multiplicación de la evaluación de los tres criterios.

Estas causas se analizaron para determinar las causas reales del problema y se ordenaron de acuerdo a su prioridad:

<b>Causa</b>	<b>Efecto</b>	<b>Contribuye?</b>
Grumos en la rasqueta	Líneas sin silicona	SÍ
Rodillo grabado tapado	Recubrimiento pobre de silicona	SÍ
Levantamiento del rodillo de neopreno por paro	Áreas sin silicona transversalmente	SÍ
Papel fuera de registro	Áreas sin silicona en los costados	SÍ
Rodillo de neopreno Golpeado	Áreas sin silicona en la parte golpeada	SÍ
Falla en los pistones del rodillo de neopreno	Áreas sin silicona transversalmente	SÍ
Tallado del papel en el túnel	Pequeñas líneas sin silicona	SÍ
Falta de limpieza en el túnel	La falta de limpieza ocasiona el tallado	SÍ
Falla en el nivel de silicona en la charola	Áreas sin silicona transversalmente	SÍ
Arrugas del respaldo	Áreas sin silicona en las arrugas	SÍ
Falta de limpieza en cambio de silicona	Puede haber contaminación de fórmulas	NO
Secado de silicona en la charola	No se podría aplicar silicona	NO

#### 4. ANÁLISIS DE LAS SOLUCIONES.

Para corregir las causas reales del problema se propusieron las siguientes soluciones:

<b>Causa</b>	<b>Solución</b>
Grumos en la rasqueta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lavar la rasqueta con un trapo con solvente</li> <li>• Revisión constante de la rasqueta</li> <li>• Colocar una malla en la succión de silicona</li> <li>• Limpieza del sistema de alimentación (Bomba y Mangueras)</li> <li>• Cambiar la T galvanizada</li> <li>• Limpiar las protecciones de silicona antes de operar la máquina</li> <li>• Limpiar los rollos de M.P una vez montados para eliminar basuras.</li> <li>• Uso continuo del oscilador durante la operación para eliminar basuras.</li> </ul>
Rodillo grabado tapado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza del rodillo grabado según procedimientos</li> <li>• Monitoreo del depósito de silicón</li> <li>• Lavar el rodillo antes y después de cambiar fórmula o pasar por calor.</li> <li>• Lavar con etilenglicol más frecuentemente</li> </ul>
Levantamiento de rodillo de neopreno por paro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regresar el papel</li> <li>• Manejar manualmente el rodillo</li> <li>• Anexar un rodillo para los paros</li> <li>• Marcar el área afectada</li> </ul>
Papel fuera de registro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar si la flecha tiene aire o sí esta pochada antes de arrancar</li> <li>• Conseguir los rodillos que faltan de ancho adecuado</li> <li>• Mayor atención del ayudante</li> <li>• Verificar que la flecha está en la posición adecuada de acuerdo al material que se va a siliconar.</li> <li>• Reprocesar la parte afectada</li> </ul>
Rodillo de Neopreno Golpeado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marcar rodillos dañados</li> <li>• Revisión del rodillo antes y después de usarlo</li> <li>• Mandar a rectificar en períodos establecidos</li> <li>• Cambiar los rodillos dañados</li> </ul>

Falla en los pistones del rodillo de neopreno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reportar la falla para repararla</li> <li>• Probar manualmente antes de arrancar el proceso</li> <li>• Revisar la presión del aire</li> <li>• Ajustar presión de acuerdo a la especificación</li> </ul>
Tallado del papel en el túnel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza rodillos de paso</li> <li>• Cuando de detecte la falla, parar y revisar</li> </ul>
Falla de Nivel de Silicona en la charola	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza constante del sensor en Formula 2</li> <li>• Estar al pendiente de falta de aire en el sensor</li> <li>• Lavar la bomba cuando se detecte falla en el bombeo</li> </ul>
Arrugas del respaldo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sanear las partes arrugadas</li> <li>• Marcar en las uniones el área arrugada</li> </ul>

Se evalúan las soluciones para determinar las mejores:

Solución	Resultados Obtenidos
Colocar una malla en la succión del silicona	Disminuyen las impurezas en la charola
Lavar la rasqueta con un trapo con solvente	Disminuyen las impurezas en la charola
Limpiar los rollos de M.P una vez montados para eliminar basuras.	Disminuyen las impurezas en la charola
Uso continuo del oscilador durante la operación	Disminuye la probabilidad de que una impureza se quede en la rasqueta y en caso de presentarse hace más visible el defecto para los operadores.
Limpiar las protecciones de silicona	Disminuyen las impurezas en la charola
Limpieza del sistema de alimentación (Bomba y Mangueras)	Disminuyen las impurezas en la charola
Monitoreo del depósito de silicona	Permite detectar variaciones del depósito de silicona para hacer correcciones inmediatas.
Lavar el rodillo antes y después de cambiar formula o pasar por calor.	Con esto se evita que el rodillo grabado se tape.
Lavar con etilénglicol más frecuentemente	Con esto se evita que el rodillo grabado se tape.
Regresar el papel o marcar el área afectada cuando se hace un paro.	Se reduce la probabilidad de enviar al cliente áreas con defectos.
Revisar si la flecha tiene aire o si esta pochada antes de arrancar	Se reduce la frecuencia con que se presenta el problema de papel fuera de registro
Reprocesar la parte afectada cuando se presente el problema de papel fuera de registro.	Se reduce la probabilidad de enviar al cliente áreas con defectos.
Revisión del rodillo de neopreno antes y después de usarlo	Se puede detectar cuando el rodillo tiene problemas y evitar su uso.
Marcar rodillos de neopreno dañados	Se evita en el uso de rodillos dañados.
Revisar la presión del aire del rodillo de neopreno	Se evitan áreas sin silicona transversalmente.
Limpieza de rodillos de paso	Se reducen las líneas sin silicona por tallado
Limpieza constante del sensor en Formula 2	Se detecta mejor la falta de silicón en la charola.

## 5. IMPLANTACIÓN

Se realizó un programa de implantación para estas soluciones, estableciendo responsables y frecuencias.

<b>Solución</b>	<b>Responsable</b>	<b>Frecuencia</b>
Colocar una malla en la succión del silicona	Ayudante de siliconado	Al inicio de la operación
Lavar la rasqueta con un trapo con solvente	Ayudante de siliconado	Cada cambio de rollo
Limpiar los rollos de M.P una vez montados para eliminar basuras.	Ayudante de siliconado	Cada cambio de rollo
Uso continuo del oscilador durante la operación	Operador y Ayudante	Continua durante la operación
Limpiar las protecciones de silicona	Ayudante de siliconado	Al final de la operación
Limpieza del sistema de alimentación (Bomba y Mangueras)	Operador y Ayudante de siliconado	Al final de la operación
Monitoreo del depósito de silicona	Inspector de Proceso	Cada lote en papeles Kraft y Glassine
Lavar el rodillo antes y después de cambiar formula o pasar por calor.	Operador y Ayudante	Cuando aplique
Lavar con etilénglicol mas frecuentemente	Operador y Ayudante	Lavar mensualmente o en base a una baja en el depósito de silicona
Regresar el papel o Marcar el área afectada cuando se hace un paro.	Operador	Cuando aplique
Revisar si la flecha tiene aire o si esta pochada antes de arrancar	Operador y Ayudante	Cada cambio de rollo
Reprocesar la parte afectada cuando se presente el problema de papel fuera de registro.	Operador	Cuando aplique
Revisión del rodillo de neopreno	Operador y Ayudante	Antes y después de usarlo
Marcar rodillos de neopreno dañados	Operador	Cuando aplique
Revisar la presión del aire del rodillo de neopreno	Operador	Continua durante la operación
Limpieza de rodillos de paso	Operador	Al iniciar la operación o cuando se presente el problema
Limpieza constante del sensor en Formula 2	Ayudante de siliconado	Continua durante la operación

## 6. CONFIRMACIÓN DEL EFECTO

Se realizó un comparativo de los datos al inicio del proyecto con los reportados en esta etapa del proyecto para conocer el grado de avance del proyecto, evaluando a la vez los efectos secundarios que se pudieran obtener:

<b>Solución</b>	<b>Resultado</b>	<b>Efectos Secundarios</b>
Colocar una malla en la succión del silicón	No se recibió en el período de confirmación ninguna reclamación o devolución por líneas sin silicón	
Lavar la rasqueta con un trapo con solvente	No se recibió en el período de confirmación ninguna reclamación o devolución por líneas sin silicón	
Limpiar los rollos de M.P una vez montados para eliminar basuras.	No se recibió en el período de confirmación ninguna reclamación o devolución por líneas sin silicón	
Uso continuo del oscilador durante la operación	No se recibió en el período de confirmación ninguna reclamación o devolución por líneas sin silicón	
Limpiar las protecciones de silicón	No se recibió en el período de confirmación ninguna reclamación o devolución por líneas sin silicón	
Limpieza del sistema de alimentación (Bomba y Mangueras)	No se recibió en el período de confirmación ninguna reclamación o devolución por líneas sin silicón	
Monitoreo del depósito de silicón	Se recibieron 2 devoluciones asociadas al rodillo grabado (puntos sin silicón y penetración) en el período de confirmación.	
Lavar el rodillo antes y después de cambiar formula o pasar por calor.	Se recibieron 2 devoluciones asociadas al rodillo grabado (puntos sin silicón y penetración) en el período de confirmación.	
Lavar con etilénglicol más frecuentemente	Se recibieron 2 devoluciones asociadas al rodillo grabado (puntos sin silicón y penetración) en el período de confirmación.	Posible desgaste del recubrimiento de cromo del rodillo grabado
Regresar el papel o Marcar el área afectada cuando se hace un paro.	No se recibieron devoluciones por sellado en el período de confirmación	
Revisar si la flecha tiene aire o si esta ponchada antes de arrancar	No se recibieron devoluciones por sellado en el período de confirmación	
Reprocesar la parte afectada cuando se presente el problema de papel fuera de registro.	No se recibieron devoluciones por sellado en el período de confirmación	Es posible un mal anclaje del silicón
Revisión del rodillo de neopreno	No se recibieron reclamaciones o devoluciones por áreas sin silicón ocasionadas por rodillo de neopreno en el periodo de confirmación.	
Marcar rodillos de neopreno dañados	No se recibieron reclamaciones o devoluciones por áreas sin silicón ocasionadas por rodillo de neopreno en el periodo de confirmación.	
Revisar la presión del aire del rodillo de neopreno	No se recibieron reclamaciones o devoluciones por áreas sin silicón ocasionadas por rodillo de neopreno en el periodo de confirmación.	

Limpieza de rodillos de paso	No se recibió en el período de confirmación ninguna reclamación o devolución por líneas sin silicón	
Limpieza constante del sensor en Formula 2	No se recibieron devoluciones por sellado en el período de confirmación	

<b>PROBLEMA O SITUACIÓN</b>	<b>INICIO</b>	<b>ACTUAL</b>
<b>Devoluciones y Reclamaciones</b>	<b>Promedio en 2 meses (Datos de 2001)</b>	<b>2 Meses de confirmación</b>
- Líneas sin silicona	0.83	0
- Areas sin silicona por rodillo grabado		2
- Areas sin silicona por falla en rodillo de neopreno		0
- Sellado	1.50	0
<b>Total</b>	<b>2.33</b>	<b>2</b>

## 7. ESTANDARIZACIÓN

Se estandarizaron las soluciones encontradas.

<b>Solución</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Responsable</b>
Colocar una malla en la succión de silicona	Al inicio de la operación	Ayudante de siliconado
Lavar la rasqueta con un trapo con solvente	Cada cambio de rollo	Ayudante de siliconado
Limpiar los rollos de M.P una vez montados para eliminar basuras.	Cada cambio de rollo	Ayudante de siliconado
Uso continuo del oscilador durante la operación	Continua durante la operación	Operador y Ayudante
Limpiar las protecciones de silicona	Al final de la operación	Ayudante de siliconado
Limpieza del sistema de alimentación (Bomba y Mangueras)	Al final de la operación	Operador y Ayudante de siliconado
Monitoreo del depósito de silicona	Cada lote en papeles Kraft y Glassine	Inspector de Proceso
Lavar el rodillo antes y después de cambiar formula o pasar por calor.	Cuando aplique	Operador y Ayudante
Lavar con etilénglicol mas frecuentemente	Lavar mensualmente o en base a una baja en el depósito de silicona	Operador y Ayudante

Regresar el papel o Marcar el área afectada cuando se hace un paro.	Cuando aplique	Operador
Reprocesar la parte afectada cuando se presente el problema de papel fuera de registro.	Cuando aplique	Operador
Revisar si la flecha tiene aire o si esta ponchada antes de arrancar	Cada cambio de rollo	Operador y Ayudante
Revisión del rodillo de neopreno	Antes y después de usarlo	Operador y Ayudante
Marcar rodillos de neopreno dañados	Cuando aplique	Operador
Revisar la presión del aire del rodillo de neopreno	Continua durante la operación	Operador
Limpieza de rodillos de paso	Al iniciar la operación o cuando se presente el problema	Operador
Limpieza constante del sensor en Formula 2	Continua durante la operación	Ayudante de siliconado

## 8. CONCLUSIÓN

Finalmente se realizó una comparación de resultados contra la meta:

Situación Inicial	Situación Final	Resultado	Meta
Reclamaciones y Devoluciones promedio/mes <b>1.16</b>	Reclamaciones y Devoluciones promedio/mes <b>1.0</b>	Se redujo en <b>14 %</b>	Reducción del <b>100%</b>
Cantidad de material por devolución Promedio/mes <b>460.5 m<sup>2</sup></b>	Cantidad de material por devolución Promedio/mes <b>120 m<sup>2</sup></b>	Se redujo en <b>74 %</b>	

Como puede observarse en el número de reclamaciones y devoluciones no hay una mejora significativa, sin embargo la cantidad de material (m<sup>2</sup>) de devolución por estos problemas sí disminuyó considerablemente, aunque no se llegó a la meta planteada. Las causas principales de lo anterior se proporcionan a continuación:

- La mayoría de las medidas propuestas para eliminar el problema están a cargo de los operarios. Por lo tanto, el error humano siempre esta latente. El uso de sistemas

automatizados puede ser de gran utilidad para la detección oportuna de los problemas. En la parte de análisis de las causas se presentan (en la columna de detección) los puntos en donde se tiene mayor deficiencia para detectar problemas en la operación.

- De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede concluir que las soluciones para evitar **líneas** sin silicona fueron efectivas, sin embargo, se necesita trabajar más en las soluciones para evitar **áreas** sin silicona.
- La máquina siliconadora tiene un problema en la distribución de calor en uno de sus extremos, lo cual no se ha corregido. En esta área frecuentemente se observa que el curado no es completo (grasa).

Tiempo del Proyecto	Meta
4 Meses	4 Meses

---

## CAPÍTULO 6

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 6.1 JERARQUIZACIÓN DE DEFECTOS

En esta parte del trabajo se abordó la problemática que se presenta para jerarquizar defectos cuando una empresa fabrica varios productos de varios componentes y además dicha empresa se encuentra en un nivel bajo de madurez en las técnicas de mejoramiento y control de la calidad.

Una respuesta a esta problemática podría ser que se debe dar prioridad a los defectos más frecuentes, sin embargo, los defectos más graves no son necesariamente los más frecuentes y si se tiene una gran cantidad de problemas es difícil distinguir lo grave y frecuente. Si hablamos de frecuencia de defectos el diagrama de Pareto puede ser de utilidad, sin embargo este diagrama considera que todos los problemas de calidad son igualmente graves y más aún, si se tienen una gran variedad de defectos con frecuencias parecidas, el diagrama no cumple con su esencia básica de diferenciar lo vital de lo trivial.

Clasificar los defectos por su gravedad permite distinguir la severidad de los mismos. Si además se usa la ponderación de las frecuencias con los valores de deméritos correspondientes a cada clase, se puede construir un diagrama de Pareto que identifique mejor los defectos más importantes y no sólo los más frecuentes.

En la figura 4.2 se observa que al modificar los conteos de frecuencia con los valores de deméritos se pueden discriminar mejor los defectos prioritarios (contra la figura 4.1). Sin embargo, el diagrama no permite discriminar si un producto con determinado defecto es recuperable, si el defecto es esporádico o continuo en el tiempo y si el defecto está asociado a una gran pérdida económica.

Para tomar en cuenta tales aspectos se elaboró una matriz (Tabla 4.2) en la cual se incluyeron los criterios de costo, recuperabilidad, gravedad, y frecuencia (modificada por un factor de continuidad). En este caso se incluyeron estos criterios, sin embargo se deben incluir los aspectos que consideren necesarios los expertos del producto para lograr una mejor jerarquización.

En la figura 4.3 se identifican tres problemas prioritarios contra trece del diagrama de Pareto básico (Figura 4.1), es decir, se pueden identificar más claramente los problemas de calidad que se deberían de atacar.

Por lo anterior podemos afirmar que la hipótesis planteada se acepta ya que al incluir en una matriz criterios, tales como gravedad, costo y recuperabilidad, además de la frecuencia, se pudieron identificar mejor los defectos prioritarios que con el diagrama básico de Pareto.

Finalmente, se logro obtener una secuencia lógica de pasos para realizar este proceso. Asimismo, la información generada en el proceso de clasificación de defectos junto con una definición de niveles de calidad aceptables (AENOR, 2004) son la base para poder avanzar a un nivel arriba en el control de la calidad: el de la inspección. Si se quiere trabajar en niveles avanzados de control de la calidad se pueden incluir los valores ponderados en el cálculo de gráficas de control, y en esta forma, la gráfica estará en condiciones de reflejar el verdadero aspecto económico del proceso que se considere. La descripción de estas técnicas no estuvo dentro del alcance de este trabajo.

## **6.2 MEJORA DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO**

Una vez que se han definido los defectos prioritarios, se presenta otra interrogante: ¿Cómo se pueden atacar los defectos prioritarios? Para contestar esta pregunta existe una gran variedad de metodologías para la mejora que pueden ser de utilidad. En este trabajo se presento como ejemplo la metodología de los círculos de calidad a través de equipos de trabajo, ya que era la metodología con la que se trataban las acciones correctivas y preventivas en esta empresa según su sistema de calidad. Se mostraron dos casos relacionados con el desprendimiento del material, los cuales estuvieron ubicados en los lugares 3º y

4º de la matriz de jerarquización. Como puede observarse en el primer caso (Sección 5.2.1) el problema sigue presentándose aún después de implantar las soluciones propuestas (Figura 5.2.2). Aunque el defecto aparentemente ya no llega al cliente (cero devoluciones y reclamaciones) por que se identifica en la inspección, el problema se sigue generando y causando perdidas económicas para la empresa. El problema técnico es complejo por lo que se hubiera requerido una participación mayor de expertos tanto de la maquinaria como de las siliconas para encontrar las causas reales del problema, además de tomar en cuenta las mediciones tomadas en el proceso de siliconado, ya que la única medición que el sistema de calidad de la empresa puso en control metrológico fue la de depósito de adhesivo, por facilidad para la certificación de su sistema de calidad, pasando por alto un proceso tan importante como la aplicación de silicona. La parte de estandarización de soluciones encontradas sólo quedo documentada en un archivo en el área de aseguramiento de calidad, no se modifico ningún estándar relacionado y menos aún se entreno a todos los operadores en los cambios; de manera que no se garantizó que cualquier operario nuevo en el área los conociera. Otro error que se observa es el planteamiento de metas, ya que para perseguir una disminución al 100% de un defecto, primero hay que determinar la capacidad del proceso. De manera que es necesario analizar la capacidad de los procesos antes de proponer metas irreales. Lo mismo aplica para el caso de la sección 5.2.2.

Por todo lo anterior podemos rechazar la hipótesis planteada al inicio de este trabajo en el contexto dado. Los procesos de mejora de la calidad planteados en este trabajo no fueron eficaces principalmente por las siguientes razones:

- Poco conocimiento y experiencia al aplicar las técnicas de los círculos de calidad, solución de problemas y herramientas de la calidad.
- La técnica de los círculos de calidad no es una herramienta que se enfoque en el análisis riguroso del problema.
- Ausencia de conocimientos sobre cómo funcionaba el proceso, lo que era crítico, si distintas personas realizaban el trabajo. Esta falta de

---

conocimiento da lugar a una inconsistencia y mayor variación en los resultados.

- Ausencia de conocimientos sobre cómo debería funcionar un proceso, incluida la comprensión de las expectativas del cliente y el objetivo del proceso.
- Falta de control de los materiales y equipos utilizados en el proceso
- Errores inadvertidos al realizar un trabajo.
- Especificaciones de diseño equivocadas.
- Incomprensión acerca de la capacidad de un proceso para cumplir las especificaciones
- Falta de capacitación.
- Calibración y pruebas deficientes de los instrumentos.

Queda claro que la etapa fundamental en un proceso de mejora es la etapa de análisis del problema. Las exigencias de tiempo en la industria pueden propiciar que se trate de llegar a una solución sin entender bien la naturaleza del problema e identificar su origen.

Encontrar la solución a los problemas de calidad requiere identificar las variables clave con más probabilidades de dar lugar a errores y variación excesiva, las causas de origen. La causa origen es la condición o conjunto de condiciones interrelacionadas que permite o provoca que ocurra un defecto y que una vez corregida de manera adecuada, evita la recurrencia del defecto de manera permanente en el mismo producto o servicio. Un enfoque útil para identificar la causa de origen es la técnica de los “cinco por que” de Bailie (citado en Evans, 2005). Este enfoque obliga a volver a definir un problema como una cadena de causas y efectos con el fin de identificar el origen de los síntomas preguntando por que idealmente cinco veces. Después de identificar las variables potenciales se realizan experimentos para verificarlas. El pensamiento y análisis estadísticos tienen un papel vital en esta etapa ya que el mejoramiento de la calidad implica una reducción de la variabilidad y la variabilidad sólo puede describirse con métodos estadísticos.

## **CAPÍTULO 7**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En una situación donde se tiene una gran cantidad de problemas de calidad en el producto es necesario implementar procesos de mejora de la calidad. En este trabajo se presentaron las herramientas que pueden ayudar a priorizar y atacar dichos problemas.

En la primera parte se obtuvo una secuencia lógica de pasos para jerarquizar los defectos, además de que estos pasos sientan las bases para avanzar a otros niveles de calidad tal como inspección o control de proceso. En el proceso quedó demostrado que en una situación industrial compleja donde se requiere identificar los defectos prioritarios a resolver, un diagrama de Pareto no es suficiente. Lo más apropiado es usar un Método que considere varios criterios de evaluación tales como gravedad, recuperabilidad y costo que fueron los que se plantearon en este trabajo, pero que pueden ser incluso más dependiendo del producto.

En la segunda parte al analizar dos procesos de mejora basado en la metodología de círculos de calidad quedó de manifiesto que los procesos de mejora de la calidad no siempre son efectivos y no necesariamente llevan a una erradicación al 100% del defecto, en parte por las metodologías en sí y en otra parte por errores o poco conocimiento y experiencia al aplicarlas. Una falla fundamental de muchos enfoques de solución de problemas es que no se presta suficiente atención al análisis riguroso. La etapa de análisis del problema requiere una rigurosa aplicación de herramientas estadísticas para lograr una verdadera mejora ya que con frecuencia se quiere llegar a una solución sin entender bien la naturaleza del problema e identificar su origen.

---

## REFERENCIAS

### Conferencias

- Rivero M. S. *ISO 9000 El factor del Cambio*. AOTS, México, Agosto de 2001.

### Libros

- Asociación de la Industria Navarra. *La calidad en el área del diseño*. Editorial Díaz de Santos, España, 1991, pp. 45-60.
- Evans, J.R; Lindsay, W.M. *Administración y Control de la Calidad*. 6ª edición, Internacional Thompson Editores, México, 2005.
- Feigenbaum, A.V. *Control de la calidad total*. 3ª edición, Compañía Editorial Continental, México, 2004.
- Juran, J.M; Gryna, F.M. *Manual de Control de Calidad, Vol I*. 4ª. Edición, México, 1993, pp 18.37-18.44
- Juran, J.M; Gryna, F.M. *Juran's Quality Control Handbook*. 5ª. Edición, New York, 1999.
- Montgomery, D.C. *Control Estadístico de la Calidad*. 3ª Edición, Limusa Wiley, México 2004.
- Pande, P.S; Holpp, L. *¿Qué es Seis Sigma?*. Mc Graw-Hill, España, 2002.
- Russel, J.P. *El plan maestro de Calidad*. Panorama Editorial, México, 1998.
- Skeist, I. *Handbook of Adhesives*. Van Nostrand Reinhold, New York, 1990.
- Spring, R. *Manual de Formación Finat*. La Haya, Holanda, 1995.

### Material de Cursos

- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). *Muestreo para la inspección por atributos*. Edición A, España, 2004.

### Material comercial informativo

- Basf Mexicana. *Adhesivos*. México, 2001.
- Dow Corning. *Complete Curing ensures Optimum Release Coating Performance*.USA, 1993.

---

## Normas

- NMX-CC-9000-IMNC-2000. Sistemas de Gestión de la Calidad- Fundamentos y Vocabulario.

## Revistas

- ASQ. Quality Glosary, Quality Progress, Julio 2002, pp. 43-61.
- Gardner, R.A. Resolving the Process Paradox. Quality Progress, Marzo 2001, pp. 51-59.
- Ireland B. Release Liners. Label & Narrow Web Industry. Septiembre 1998, pp. 52-55.
- Johnson, C.N. The benefits of PDCA. Quality Progress. Mayo 2002, pp 120.
- Johnson, K. It´s Fun to work with an F-M-E-A. Quality Progress. Enero 2002, pp 152.
- Okes, D. Organize your Quality Tool Belt. Quality Progress. Julio 2002, pp. 25-29.
- Palady, P; Olyai, N. The Status Quo´s Faillure in Problem Solving. Quality Progress. Agosto 2002, pp. 34-39.
- Ratliff, Stephen y Steven. The Use and Management of Teams: A How-To Guide. Quality Progress. Junio 1999.

## Páginas Web

- (1) <http://www.averydennison.com>
- (2) <http://www.asq.org>
- (3) <http://www.kaizen-institute.com>

---

## GLOSARIO

- **Adhesivo Removible:** Adhesivo que una vez aplicado a una superficie concreta se puede despegar limpiamente con posterioridad.
- **AENOR:** Asociación Española de Normalización y Certificación.
- **AIN:** Asociación de la Industria Navarra.
- **AMEF:** Análisis Modal de Fallas y Efectos.
- **ASQ:** Sociedad Americana para la Calidad (American Society for Quality).
- **AQL:** Nivel de Calidad Aceptable (Acceptable Quality Level). En una serie de lotes continuos es un nivel de calidad que, para propósito de inspección por muestreo, es el límite promedio satisfactorio de un proceso.
- **Baldrige:** Premio Malcom Baldrige establecido por el congreso de Estados Unidos, para fomentar el desarrollo de los sistemas de administración de la calidad y para reconocer a las compañías que han implementado exitosamente sistemas de administración de la calidad.
- **Bobina:** Presentación final del material autoadherible cortado en las dimensiones requeridas por el cliente.
- **Calibre:** Espesor del papel.
- **Cohesión:** Es la habilidad del adhesivo para resistir la división. Para remover limpiamente un PSA es necesaria una buena cohesión.
- **Conversión:** Procesos por los cuales debe pasar el material autoadherible para convertirse en etiquetas.
- **Curado (Entrecruzamiento):** Es el desarrollo de una estructura tridimensional en un adhesivo, la cual se activa normalmente por calor.
- **Demérito o Valor de Demérito:** Valor numérico ponderado comparativo de entre los defectos críticos, mayores, menores, incidentales.
- **Depósito de Adhesivo:** Cantidad de adhesivo expresada en gramos contenida en 1 m<sup>2</sup> de material.
- **Dirección Máquina:** Dirección en la que se embobina el papel.

- **Dispensar:** Acción de aplicar las etiquetas.
- **DMAIC:** Definir, Medir, Analizar, Mejorar (Improve), Controlar.
- **FADE:** Enfocar (Focus), Analizar (Analyze), Desarrollar (Develop), Ejecutar (Execute).
- **Flexografía:** Procedimiento de impresión con formas en relieve. La impresión se lleva a cabo en bobinas de material.
- **Laminado:** Es el ensamblado de dos o más bandas de material, que normalmente incluyen papel o película superficial, adhesivo, recubrimiento de silicon y papel o película de soporte. También puede consistir en una capa protectora o decorativa transparente.
- **Matriz o Desmallado:** El esqueleto del material superficial sobrante alrededor de las etiquetas troqueladas.
- **Migración:** Movimiento, en un período de tiempo de un ingrediente de un componente a otro cuando los dos están en contacto.
- **Pasar por calor:** Acción de pasar por un túnel de secado un rollo de respaldo siliconado con anterioridad para recuperar la lisura.
- **Peel:** Es la fuerza por unidad de ancho, requerida para romper el enlace entre una cinta y una superficie cuando se despega hacia atrás usualmente en un ángulo de 180° a una velocidad y condiciones estándar.
- **PSA:** Adhesivo sensible a la presión (Pressure Sensitive Adhesive).
- **Registro:** La colocación y mantenimiento siempre de la misma posición de diversos elementos en un proceso de impresión.
- **Release o fuerza de desprendimiento:** Fuerza necesaria para separar el respaldo del material cara con adhesivo. Se refiere a la facilidad con que la etiqueta, juntamente con el adhesivo pegajoso, se puede despegar del recubrimiento de silicona. También se le conoce como factor de antiadherencia.
- **Rollo:** Presentación del material autoadherible cuando acaba de ser manufacturado.
- **RPN:** Índice de prioridad y riesgo (risk priority number).

- 
- **Sanear:** Eliminar las áreas defectuosas de un rollo de material autoadherible.
  - **SCK:** Papel kraft super calandrado.
  - **SCP:** Solución Creativa de Problemas.
  - **Suajar:** Corte del superficial de un laminado dejando el soporte o respaldo intacto.
  - **Tack:** Es la propiedad de un adhesivo sensible a la presión la cual le permite adherirse a una superficie con una presión muy ligera. Se determina por la habilidad del adhesivo para mojar rápidamente la superficie contactada.
  - **Telescopiado:** Es el deslizamiento a los lados de las capas de material, una sobre la otra, de manera que el rollo parece un telescopio.
  - **Transferencia de Adhesivo:** La transferencia de adhesivo desde su posición normal en el material cara a la superficie a la cual se adhirió.