

# **CAPÍTULO IV**

## **DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

## CAPÍTULO IV

### DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

De algún modo, cualquier técnica que le ayude a comprender, gestionar y mejorar un negocio o un proceso, califica para ser una herramienta Six Sigma. Pero algunas técnicas son especialmente claves al planificar y ejecutar proyectos Six Sigma. Comprender cuales son estas herramientas dará una clara perspectiva de cómo funciona el modelo Six Sigma.

Por conveniencia, se han agrupado las herramientas en cinco categorías. Estas categorías no son perfectas; muchas herramientas pueden usarse de varios modos. La clasificación se muestra a continuación:

- Herramientas para generar ideas y organizar la información.
- Herramientas para la obtención de datos.
- Herramientas para el análisis del proceso y de los datos.
- Herramientas para el análisis estadístico.
- Herramientas para la implementación y la gestión de procesos.

Six Sigma tiene muchas herramientas que ayudan a tomar mejores decisiones, resolver problemas y gestionar el cambio. Pero se debe tener precaución con pensar que Six Sigma y las herramientas son la misma cosa. El usar demasiadas herramientas, hacerlas demasiado complicadas, o el pedir que se usen cuando son inútiles, pueden dañar los objetivos de Six Sigma tanto como el no usarlas. Algunas sugerencias para usar las herramientas Six Sigma de manera óptima de acuerdo a las características del proceso, se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Usar sólo las herramientas que ayuden a ejecutar el trabajo.
- Mantener el proyecto tan simple como sea posible.
- Cuando una herramienta no sea útil, parar y probar con otra.

A continuación se describe de forma detallada cada una de las herramientas útiles para la etapa de definición del problema y descripción del proceso; así como para que utilizarla, cuándo y cómo hacerlo.

#### 4.1. Tormenta de ideas

Muchos métodos Six Sigma tienen la tormenta de ideas o generación de ideas como punto de partida. El propósito básico de la tormenta de ideas es obtener una lista de opciones para una tarea o una solución –normalmente una larga lista que se acortará para lograr la solución final. Por ejemplo, un equipo puede plantear una tormenta de ideas sobre que clientes entrevistar o que preguntas hacerles. Igual que en cualquier herramienta en la que sea necesario el trabajo en grupo, es de gran utilidad la figura del facilitador. Su misión radica en velar por que los miembros del equipo se mantengan en las mejores condiciones de participación, evitando la presión del tiempo o de cualquier otro factor externo que acote su creatividad. Además debe potenciar la discusión positiva que ayude a que sean presentadas todas las ideas potenciales de los miembros

del grupo, evitando por otra parte discusiones negativas que bloqueen al grupo e impidan el intercambio de ideas.

Más tarde, el equipo puede recurrir a una nueva tormenta de ideas para listar posibles medidas y luego a otra para listar soluciones de mejora creativas.

Para que utilizarla:

- Para producir muchas ideas diferentes en un corto espacio de tiempo.
- Para generar ideas creativas
- Para aumentar la implicación de los miembros de equipo.
- Para estimular y obtener las ideas de distintas funciones.

Cuando utilizarla; en la identificación de:

- Oportunidades de mejora.
- Causas cuando se construye un diagrama de causa y efecto.
- Los clientes y proveedores de un proceso.
- Áreas con problemas en un proceso.
- Fuentes de variación.

Como utilizarla:

- Revisar el tema objeto de la discusión. Por lo general, suele ser mejor que este tema se encuentre en forma de pregunta.
- Asegurarse de que todos los miembros del grupo han entendido perfectamente el tema sobre el que se va a realizar la Tormenta de Ideas.
- Permitir un minuto o dos de silencio para que todos los miembros del grupo puedan pensar respecto a lo que se les ha preguntado.
- Invitar a los miembros del grupo a que digan, por turno, en voz alta sus ideas.
- Continuar con la generación y registro de ideas hasta que se produzca un silencio lo suficientemente grande como para prever que ya no se generarán más ideas.
- Una vez anotadas todas las ideas, se procede a clarificar cualquier cuestión presentada por cualquier miembro del grupo, siendo el momento de eliminar aquellas que, sin necesidad de análisis, se considere por unanimidad que no son viables.

La Tormenta de Ideas no proporciona directamente respuesta a las preguntas representadas en la resolución de un problema. El objetivo de esta herramienta es conseguir una lista muy amplia de posibilidades que se utilizará como punto de partida en el análisis.

Se debe evitar la aparición de sesgos, tanto por enunciados defectuosos del problema como por el incumplimiento de las reglas del juego de esta herramienta (críticas, comentarios, predominio de algunos participantes y falta de participación en otros).

Cuanto más loco, mejor. Las ideas más descabelladas son, generalmente también las más creativas. Por lo general, se trata de ideas vistas con otra perspectiva. Las ideas “locas” suelen conducir a soluciones únicas.

## 4.2. Diagrama de afinidad

Un diagrama de afinidad es una agrupación de ideas u opciones en categorías. Suele ser la continuación de una tormenta de ideas y ayuda a sintetizar y evaluar ideas. Por ejemplo, después de listar qué clientes entrevistar, el equipo puede crear un diagrama de afinidad de esa lista creando las categorías de clientes nuevos, antiguos y perdidos.

Como la tormenta de ideas, los diagramas de afinidad tienen diversas variaciones. El mejor método es que la gente esté en silencio y agrupe las ideas sin hablar entre ellos.

Para que utilizarla:

- Para producir muchas ideas diferentes en un corto espacio de tiempo.
- Para generar ideas creativas.
- Para aumentar la participación de los miembros de un equipo.
- Para estimular y obtener ideas de distintas funciones.
- Para organizar las ideas de forma creativa.
- Agrupar ideas iguales

Cuando utilizarla:

- Cuando los hechos o conceptos no se encuentren claramente delimitados, sean complejos o excesivamente amplios. El Diagrama de Afinidad permitirá representar un “mapa” de estos hechos o conceptos.
- Cuando, debido a la gran cantidad de incidencias detectadas, éstas impidan determinar con claridad las causas concretas de la situación.
- Cuando sea conveniente utilizar un nuevo enfoque, tanto en la actuación como en el análisis de un tema. Permitirá al grupo romper con los conceptos tradicionales, ampliando su campo de pensamiento.
- Cuando no se conozcan de forma clara los pasos a dar para salir de una determinada situación, siendo necesario una ayuda para poner en marcha con éxito una solución.
- Cuando sea necesario el consenso de un grupo para abordar una actuación.

Cómo utilizarla:

- Formar el equipo correcto. Reunir a las personas correctas que deben recoger las ideas y la información. Este equipo deberá estar formado por aquellas personas que dispongan del conocimiento necesario para tratar las distintas dimensiones del problema o tema en cuestión. Igual que en cualquier herramienta en la que sea necesario el trabajo en grupo, es de gran utilidad la figura del facilitador.
- Realizar un proceso de tormenta de ideas respecto al tema en cuestión. En ocasiones, no siempre se utiliza un proceso de Tormenta de Ideas para recoger los datos. Cuando las ideas provienen de un conjunto de personas cuyo número no es manejable en un proceso de este tipo, el diagrama de afinidad se utiliza para organizar datos obtenidos con mecanismos distintos a este proceso. En estos casos los datos se suelen obtener de encuestas.

- Registrar las ideas. Las ideas que durante el proceso de Tormenta de Ideas se hubieran registrado en un pizarrón se transcribirán a tarjetas. Se debe hacer hincapié en que las ideas deben transcribirse tal y como se han establecido, dado que el objetivo es “capturar la esencia del pensamiento”.
- Recoger las tarjetas, mezclarlas y repartirlas de forma aleatoria sobre una superficie lo suficientemente grande.
- Agrupar las tarjetas. Las tarjetas son agrupadas en grupos relacionados por el equipo completo y en silencio.
- Crear tarjetas cabeceras. Las tarjetas cabeceras de cada agrupación se caracterizan por dos elementos muy importantes. En primer lugar, se debe identificar de forma clara el “hilo” común que une a las ideas que cuelgan de él. En segundo lugar, debe ser capaz de recoger el “sentir” de los comentarios del grupo. Es necesario discutir cada agrupación y buscar una tarjeta que capture la idea central que mantiene juntas a las tarjetas de la agrupación. Esta tarjeta, si existe, será la cabecera de la agrupación.
- Transcribir el diagrama de afinidad. Revisar todos los pasos dados y el resultado global. Suele ser conveniente establecer un periodo de discusión de estos resultados, estando abierto el equipo a la posibilidad de que sean necesarias modificaciones.

Esta herramienta es una forma eficaz de analizar grandes cantidades de datos de tipo ideas. Permite que afloren a la superficie estructuras que permanecen latentes en los datos. Ayuda a equipos de trabajo a alcanzar consenso, a ser creativos ante un problema o cualquier situación. Evita la creación de ganadores y perdedores.

#### 4.3. Estructura o diagrama de árbol

Un árbol de estructura se usa para mostrar los enlaces o jerarquía entre las ideas resultado de la tormenta de ideas. Los objetivos y las posibles soluciones se pueden conectar mediante una estructura en árbol. Se puede usar esta técnica para ligar las necesidades principales de los clientes, tales como un valor adecuado o más requerimientos específicos como bajo costo de instalación, bajo costo de mantenimiento y así sucesivamente.

Es un método utilizado para representar el conjunto completo de actividades que es necesario realizar con el fin de alcanzar un objetivo denominado principal y los objetivos secundarios relacionados con éste. En un contexto general, se usa para identificar los “métodos” necesarios para conseguir “un objetivo”.

Para que utilizarla:

- Identificar ideas en detalle creciente.
- Identificar aquellos elementos que pudieran haberse olvidado durante el proceso de tormenta de ideas previo al diagrama de afinidad o al de relaciones.
- Para mostrar los enlaces o jerarquía entre las ideas resultado de la tormenta de ideas.
- Para ligar las necesidades principales de los clientes.

Cuando utilizarla:

- Para traducir necesidades definidas inadecuadamente (mal o incompletas) en características operativas.
- Para explorar todas las causas posibles de un problema.
- Para identificar las actividades iniciales a realizar a nivel departamental en la consecución de un objetivo global de empresa.

Como utilizarla:

- Acordar entre los miembros del equipo la definición del asunto, problema u objetivo a abordar. Esta definición debe ser clara, sencilla y concisa, pudiendo ser el resultado o no de un Diagrama de Relaciones o de un Diagrama de Afinidad.
- Generar todas las actividades, métodos o causas posibles relacionadas con el tema a tratar.
- Trasladar a tarjetas individuales las ideas registradas durante la Tormenta de Ideas.
- Representar el Diagrama de Árbol.
- Revisar el Diagrama de Árbol completo con el fin de asegurar que no existen “lagunas” en la cadena secuencial/lógica. Comprobarlo, revisando cada paso, comenzando con las actividades básicas situadas en el extremo derecho de la mesa o pizarra.

El Diagrama de Árbol, junto con el Diagrama de Afinidad, es una de las herramientas más naturales y más utilizadas de las herramientas de gestión y planificación. Si se realiza adecuadamente, refleja el mundo real de la implantación de la mejora continua. Permite enfocar la atención en los detalles más pequeños de la implantación que hacen inevitable la consecución del siguiente nivel del árbol.

#### 4.4. Diagrama matricial

El Diagrama Matricial es una herramienta que ordena grandes grupos de características, funciones y actividades de tal forma que se pueden representar gráficamente los puntos de conexión lógica existente entre ellos. También muestra la importancia relativa de cada punto de conexión en relación con el resto de correlaciones.

Para que utilizarla:

- Para que un equipo pueda identificar, analizar y clasificar de forma metódica la existencia o no de las relaciones entre dos o más conjuntos de ideas, así como la fuerza de dichas relaciones en caso de que existan.

Cuando utilizarla:

- Cuando sea necesario visualizar los patrones de responsabilidad entre distintas áreas de forma clara.
- Cuando sea necesario llegar a un consenso por parte de un equipo con relación a pequeñas decisiones mejorando la calidad de la decisión tomada.

- Cuando sea necesaria la disciplina en un grupo de trabajo en el análisis de un gran número de factores.

Cómo utilizarla:

- Generación de los conjuntos a comparar. El diagrama matricial es, por lo general, una herramienta que se utiliza como paso posterior a los resultados obtenidos previamente mediante otra herramienta; por ejemplo, el diagrama de árbol. En caso de que no se haya utilizado otra herramienta con anterioridad, se pueden determinar los conjuntos a analizar utilizando el proceso de tormenta de ideas.
- Determinación del formato de la matriz. Elegir de entre los formatos existentes, la matriz idónea para el análisis en particular.
- Situar los conjuntos en los ejes de la matriz. Si los elementos constituyentes de los conjuntos provienen de un diagrama de árbol, se pueden utilizar directamente las mismas tarjetas.
- Seleccionar los símbolos a utilizar. Por lo general, el equipo debe elegir entre los existentes o inventar los símbolos más adecuados para el análisis.
- Registro de las relaciones en la matriz.
- Análisis. El análisis de un diagrama matricial consiste fundamentalmente en identificar la existencia de pautas:
  - Elementos de un conjunto sin relación con los del otro.
  - Elementos de un conjunto con una relación muy fuerte con los del otro.
  - Zonas de fuerte relación o de débil relación entre conjuntos de elementos.

Las conclusiones de este análisis dependerán del tipo de matriz utilizada.

#### 4.5. Diagrama causa-efecto

Herramienta utilizada para relacionar causas y efectos. Se puede utilizar para estructurar el resultado de una sesión de tormenta de ideas. De una forma inmediata, ordena ideas de acuerdo a unas categorías predefinidas.

Generalmente se utiliza para:

- Identificar características y parámetros claves.
- Identificar las distintas causas que afectan a un problema.
- Lograr entender un problema por parte de un grupo.

Una técnica popular es el diagrama causa-efecto, de espina de pescado o Ishikawa. Además de tener muchos nombres, esta herramienta toma ideas de otras técnicas. El diagrama de pescado se usa en sesiones de tormenta de ideas para determinar posibles causas de un problema (o efecto) y coloca las posibles causas en grupos o afinidades; las causas que llevan a otras causas se unen como en una estructura de árbol. El valor del diagrama causa-efecto es ayudar a reunir las ideas colectivas de un equipo sobre que puede ocasionar un problema y ayudar a los miembros del equipo a pensar en todas las causas posibles mediante clarificar las categorías principales.

Los diagramas causa-efecto no dirán la causa concreta. Más bien, ayudarán a desarrollar hipótesis adecuadas sobre dónde enfocar la medida y hacer un análisis más profundo sobre la causa raíz.

Cuándo utilizarla:

- En el despliegue de características claves.
- En la búsqueda de las causas posibles de un problema.
- Para la organización de los resultados de una sesión de tormenta de ideas.
- En la identificación de las fuentes de variación de un proceso.
- En la realización de un diseño de experimentos.

Cómo utilizarla:

- Establecer y acordar con el grupo de trabajo la definición del problema objeto de la discusión. Esta definición constituirá el “efecto”.
- Mediante una sesión de tormenta de ideas, determinar las categorías más importantes de causas del problema. Si existe algún problema en este punto, recordar que un efecto en particular puede estar relacionado con numerosas causas; no obstante, suele ser práctico resumir en las siguientes categorías principales, por ejemplo:

Área de Fabricación:

- Hombres (mano de obra)
- Máquinas
- Materiales
- Métodos
- Mediciones
- Entorno

Área de Administración:

- Hombres
- Políticas
- Procedimientos
- Entorno

Estas categorías son sólo una sugerencia, debiendo utilizarse aquellas categorías principales que ayuden a que emerja la creatividad de las personas.

- Escribir el “efecto”, dentro de un recuadro, a la derecha de una pizarra u otra superficie de presentación. Trazar una línea horizontal que ocupe toda la pizarra y que termine en la caja donde se encuentre representado el efecto.
- Escribir las causas principales determinadas en el paso anterior al final de líneas oblicuas que parten de la línea horizontal mencionada antes. Un diagrama de causa y efecto bien detallado tiene la apariencia de una espina de pescado; de ahí su nombre alternativo *diagrama de espina de pescado*. A partir de este completo listado de causas posibles, es más sencillo identificar y seleccionar aquellas más probables con el fin de realizar su análisis.

Cuando se examina cada causa, se hace buscando posibles desviaciones respecto a lo especificado o pautas sospechosas. Recordar que se deben identificar y curar las causas de los problemas, no los síntomas.

- Mediante una sesión de tormenta de ideas, generar todas las posibles causas del problema. Conforme vayan apareciendo las ideas, se deberán escribir como subcausas relacionadas con las distintas causas principales. En el caso de que exista más de una relación, cada subcausa puede escribirse en más de una posición.

#### 4.6. Matriz de priorización

Herramienta utilizada para priorizar actividades, temas, características de productos/servicios, etc., según criterios de ponderación conocidos utilizando una combinación de las técnicas de diagrama de árbol y diagrama matricial. Fundamentalmente, es una herramienta utilizada para la toma de decisiones.

Se utiliza para establecer un orden de prioridad entre las distintas opciones presentadas a la hora de llevar a cabo un plan de acción.

Cuando utilizarla:

- Cuando después de haber identificado un conjunto de temas clave y de generar las posibles opciones para tratarlos, sea necesario realizar una selección de entre estas opciones.
- Cuando existe desacuerdo respecto a la importancia relativa de los criterios de selección elegidos por los integrantes del grupo.
- Cuando los recursos disponibles en la puesta en práctica del programa de mejora, son limitados.
- Cuando existe una interrelación muy fuerte entre las opciones generadas.

Cómo utilizarla:

Dependiendo de la complejidad del tema y del tiempo disponible para realizar la priorización, la construcción de estas matrices sufre variaciones.

Fundamentalmente existen dos alternativas, el Método del Criterio Analítico Completo y el Método de Consenso de Criterios.

El Método del Criterio Analítico Completo es el más complejo y riguroso de entre las matrices de priorización y por lo tanto el más costoso. Por ello está justificada su utilización cuando:

- La decisión a tomar es crítica para la organización.
- Existen más de un criterios que pueden ser aplicados en la toma de decisiones.
- Todos los criterios juegan un papel significativo en la decisión.

Cuando se utiliza este método, existen tres pasos básicos en el proceso de priorización:

- Establecer prioridades y asignar pesos a los distintos criterios.
- Establecer prioridades entre los temas/opciones con base en cada criterio en particular.
- Establecer prioridades y seleccionar los mejores temas/opciones con base en todos los criterios.

El Método de Consensos de Criterios es el proceso simplificado del Método del Criterio Analítico y se utiliza cuando exista consenso respecto a la importancia de los criterios.

#### 4.7. Diagrama de Pareto

Un diagrama de Pareto es un gráfico de barras que subdivide un grupo en categorías y las compara desde la mayor a la menor. Se usa para buscar las piezas más importantes de un problema o de los contribuyentes a una causa. El diagrama de Pareto le ayuda a descubrir cuáles de las cuestiones o problemas tiene el mayor impacto, de modo que se pueda enfocar el proyecto y soluciones en pocas cuestiones, pero que sean las de mayor impacto. El diagrama de Pareto se apoya en la llamada <<Regla del 80-20>>: La mayoría de los problemas (80%) surgen relativamente de pocas causas (20%).

El objetivo del diagrama de Pareto es presentar información de manera que facilite la rápida visualización de los factores con mayor peso, para reducir su influencia en primer lugar.

El Diagrama de Pareto separa los factores vitales de los triviales. Se pueden incorporar costos al diagrama, así como ponderar las características de control, considerándose características de control aquellas que produzcan un impacto mayor (económico, de % de producto defectuoso, de reclamaciones, etc.)

La determinación de características de control debe ser llevada a cabo por un equipo multifuncional de las siguientes áreas preferentemente:

- Ingeniería de diseño
- Ingeniería de fabricación
- Producción
- Calidad

Con conocimientos del producto y de los procesos que se están analizando, informados respecto al contenido del programa de control y mejora de procesos así como una formación específica en herramientas de análisis y resolución de problemas: análisis de Pareto, tormenta de ideas, AMEF y Diagrama Causa-Efecto.

Para que utilizarla:

- Para priorizar acciones necesarias para resolver problemas complejos.
- Para separar los “pocos y vitales” de los “muchos y triviales”.
- Para separar las causas que contribuyen a un problema en importantes y no importantes.
- Para medir la mejora después de realizar los cambios consiguientes.

Cuando utilizarla:

- Cuando se analicen datos por grupos con objeto de revelar pautas desconocidas.
- Cuando sea necesario ordenar una serie de problemas o condiciones en orden de importancia relativa para seleccionar el punto de arranque en la actividad de resolución de problemas, identificando las causas básicas de los mismos, separando las pocas causas vitales de las muchas causas triviales.
- Cuando sea necesario relacionar causas y efectos, comparando un Gráfico de Pareto clasificado por causas con otro clasificado por defectos.
- Cuando se evalúe una mejora comparando los datos anteriores a ésta con los posteriores.

Como utilizarla:

- Decidir como clasificar los datos.
- Elegir el periodo de observación del fenómeno.
- Obtener los datos y ordenarlos.
- Preparar los ejes cartesianos del diagrama.
- Diseñar el diagrama.
- Construir la línea acumulada.
- Añadir las informaciones básicas.

Algunas consideraciones que se deben hacer al realizar un Diagrama de Pareto son:

- Señalar claramente la unidad de medida (unidades, unidades monetarias o porcentajes) etc.
- El gráfico está basado en el principio de Pareto: 80% de los problemas provienen del 20% de las causas. A pesar de que los porcentajes no siempre son exactamente 80/20, usualmente si se cumple esta relación entre los “pocos y vitales y los muchos y triviales”.
- El mejor gráfico de Pareto es aquel que utiliza una medición que refleja el costo de los problemas para la organización. Cuando el número de elementos sea proporcional a este costo, el número de elementos será una buena medición. Sin embargo, suele ser más útil medir pesos, tiempo o cualquier otra unidad más relacionada con costo.
- Si se utilizan dos escalas de medición, cuidar que ambas escalas sean coherentes.

#### 4.8. Histograma

Un Histograma o Gráfico de Frecuencia, otro tipo de gráfico de barras, muestra la distribución o variación de los datos sobre un rango: tamaño, edad, costo, intervalo de tiempo, peso y así por el estilo.

Su objetivo es visualizar la dispersión, el centrado y la forma de un grupo de datos.

Al analizar los histogramas, se puede mirar la forma de las barras o la curva, la anchura o rango (del mayor al menor) de la muestra o el número de sucesos en las barras. Si se colocan los requerimientos del cliente en un histograma, se podrá fácilmente ver si se está satisfaciendo o no las necesidades de los clientes.

Para qué utilizar la herramienta:

- Permite visualizar de forma rápida la tendencia central, variación y forma de la distribución de las mediciones representadas.
- Permite observar pautas distintas de la de aleatoriedad de las mediciones representadas.
- Proporciona información para reducir la variación y eliminar la causa de los problemas.
- Permite observar la repetibilidad en la producción de una característica de calidad.
- Muestra gráficamente la relación existente entre la capacidad de un proceso y las especificaciones de ingeniería.
- Permite evaluar de forma visual si un conjunto de mediciones se distribuye de forma normal.

Cuándo utilizarla:

- En la toma de mediciones de una característica resultado de un proceso.
- En la realización de análisis de capacidad del proceso.
- En el análisis de la calidad de un producto en su recepción.
- En el análisis de la calidad de un producto previamente a su expedición.
- En el análisis de la variación.

Como construirla:

- Definir una escala horizontal apropiada.
- Marcar los límites reales de todas las clases de la distribución que se quiere representar.
- La escala no necesita empezar en cero, pero si un intervalo de clase antes del límite inferior de la clase más baja.
- Las frecuencias se representan en la escala vertical, la cual debe empezar en cero, no tener cortes o interrupciones y ser lo suficientemente amplia para incluir la mayor de las frecuencias de la distribución.
- La combinación de las dos escalas debe producir un rectángulo, en el que se dé una relación aproximada de 1, a 5 entre la base y la altura.

Los histogramas proporcionan información respecto a la distribución seguida por los datos representados. Esta información está relacionada con los siguientes aspectos:

1. *Tendencia central.* Observar alrededor de qué valor están los datos agrupados. En distribuciones simétricas, este valor central será aproximadamente el valor medio de dichos datos.
2. *Variabilidad.* Observar la dispersión de los datos alrededor del valor central de agrupamiento.
3. *Forma.* Observar la forma del histograma en lo que respecta a: simetría, uno o más "picos", características de las colas del histograma, etc.

Antes de extraer conclusiones sobre el análisis de un histograma, se debe asegurar de que los datos son representativos de las condiciones normales del proceso. Si los datos son antiguos o existiera algún interrogante acerca de datos sesgados o incompletos, es mejor obtener nuevos datos para confirmar las conclusiones.

Es necesario recordar que la interpretación del histograma es a menudo simplemente una teoría que debe ser todavía confirmada con análisis adicionales y observaciones directas del proceso en cuestión.

#### 4.9. Gráfica de tendencias

La gráfica de tendencias es una herramienta que muestra la variación de una característica de interés de un proceso, durante cierto periodo. Su objetivo es monitorear el comportamiento de dicha característica de interés de un proceso.

Los diagramas de Pareto o histogramas no muestran cómo cambian las cosas con el tiempo. Esa es la misión de un gráfico de tendencia.

Para interpretar una gráfica de tendencias se consideran los siguientes factores:

- Se deben buscar patrones como ciclos, tendencias o cambios.
- Observar si la línea media representa el valor que se desea que tenga el proceso.
- No todas las variaciones son importantes.

#### 4.10. Diagrama de flujo

El Diagrama de Flujo es una representación gráfica de las distintas etapas de un proceso, en orden secuencial. Puede mostrar una secuencia de acciones, materiales o servicios, entradas o salidas del proceso, decisiones a tomar y personas implicadas. Puede describirse cualquier proceso, de fabricación o de gestión, administrativo o de servicios.

Se utiliza generalmente:

- Para mejorar el entendimiento común de un proceso.
- Para estandarizar y documentar los procesos.
- Para identificar los puntos de medición de los procesos.
- Para identificar fuentes de variación de los procesos.
- Para generar ideas respecto a la mejora de los procesos.
- Para identificar actividades sin valor añadido.

El Diagrama de Flujo se utiliza generalmente cuando:

- El grupo inicie el estudio de un proceso en particular, como el primer y más importante paso a dar a la hora de conocerlo, entenderlo y encontrar mejoras potenciales: ¿cómo es en realidad el proceso?
- Se diseña un proceso mejorado: ¿cómo se quiere que sea el proceso?
- En la planificación de un proyecto.
- Cuando sea necesario mejorar la comunicación entre personas involucradas en un mismo proceso.

La creación de un diagrama de flujo se describe en los pasos siguientes:

- Definir el proceso que se desea representar. Reflejarlo por escrito en una tarjeta y posicionarla en la parte superior de la superficie de trabajo.
- Discutir y acordar las fronteras del proceso, así como el nivel de detalle al que se va a construir el diagrama:
  - Inicio del proceso
  - Fases y contenido del proceso
  - Término del proceso
- Realizar una sesión de tormenta de ideas para determinar todas las etapas del proceso. Escribir cada una de estas etapas en una tarjeta. No importa la secuencia.
- Ordenar las tarjetas en la secuencia apropiada.
- Listar las entradas y salidas del proceso. Escribirlas en una tarjeta y situarlas en el punto apropiado del flujo del proceso.
- Cuando se encuentren incluidas todas las etapas del proceso y exista unanimidad del grupo respecto a que el diagrama es correcto, trazar líneas que muestran dicho flujo.
- Con objeto de tener una mayor “visibilidad” del proceso, las distintas actividades se suelen enmarcar en símbolos especiales. La simbología más usada se muestra en la figura 4.1.

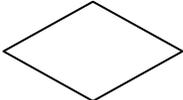
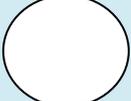
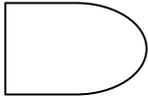
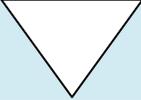
Símbolo	Significado	Ejemplo
	Operación	Operación de taladrar o surtir
	Toma de decisión	¿Fabricar o comprar?
	Inspección	Auditar
	Demora	Pendiente de firma
	Almacenamiento	Piezas en almacén
	Dirección de flujo	Entradas del proceso

Figura 4.1 Simbología para representación de procesos

Se deben definir claramente las fronteras (principio, contenido y fin) del proceso. Es conveniente utilizar el menor número de símbolos, y lo más sencillo que sea posible, así como asegurarse de que cada símbolo de operación tenga una sola línea de flujo, en caso contrario, hay que sustituirla por un rombo de decisión.

Puede ser necesaria más de una sesión, permitiendo a todos los miembros del grupo adquirir información y reflejarla en el diagrama. Incluso cuando parezca que el diagrama se ha concluido en una sesión, realizar una segunda que permita la reflexión.

#### 4.11. Técnica de grupo nominal

La técnica de grupo nominal se utiliza para jerarquizar propuestas.

El objetivo de la técnica de grupo nominal es lograr consenso entre los participantes de un equipo. En general, puede usarse cuando los asuntos o propuestas por jerarquizar no pueden ser cuantificados, es decir, muy difícil hacerlo.

Aplicada, por ejemplo, a las ideas resultantes en un diagrama de Ishikawa, cada miembro del equipo, de manera individual, jerarquiza las ideas, es decir, les asigna un orden de acuerdo con su importancia. Después se combinan las jerarquizaciones de todos los miembros y se suman. La idea con mayor número será la más importante.

La técnica de grupo nominal es una herramienta creativa empleada para facilitar el análisis de problemas. Este análisis se lleva a cabo de un modo altamente estructurado, permitiendo que al final de la reunión se alcance un buen número de conclusiones sobre las cuestiones planteadas.

Cuando utilizarla:

- Para cristalizar todas las opiniones del grupo, equilibrando la participación.
- Permite al equipo llegar rápidamente a un consenso.
- Hace posible que el análisis se lleve a cabo de un modo altamente estructurado.
- En aquellos problemas en los que pueden aparecer un gran número de soluciones.

Como utilizarla:

- Generación silenciosa de ideas, escribiéndolas.
- Registro de las ideas en un rotafolio eliminando las ideas duplicadas.
- Discusión para la clarificación de las ideas.
- Voto preliminar sobre la importancia de las ideas.

#### Ventajas

- Reduce la probabilidad de aparición de conflictos.
- Permite la proliferación de un buen número de ideas. Estas son formuladas sintéticamente.
- Se consideran las posiciones minoritarias. Todos los componentes del grupo participan.
- Se garantiza que el éxito de las ideas no dependen de la brillantez en la exposición de las mismas.

#### 4.12. QFD Quality Function Deployment (Despliegue de la Función de Calidad)

El Despliegue de la Función de Calidad es comúnmente conocido con el acrónimo inglés **QFD** (Quality Function Deployment). Fue introducido en Japón por Yoji Akao en 1966, sin embargo

el primer libro (en japonés) sobre este método no se publica hasta 1978 y sólo a partir de 1990 aparece bibliografía en inglés y, más adelante, en otros idiomas.

El QFD puede definirse como un **sistema estructurado que facilita el medio para identificar necesidades y expectativas de los clientes (voz del cliente) y traducirlas al lenguaje de la organización**, esto es, a requerimientos de calidad internos, desplegándolas en la etapa de planificación con la participación de todas las funciones que intervienen en el diseño y desarrollo del producto o servicio. La organización:

- Escucha la voz del cliente (interno y externo).
- Traduce las necesidades en requisitos técnicos o especificaciones de diseño.
- Despliega la voz del cliente, subdividiendo los requisitos primarios del cliente en secundarios y algunas veces en terciarios.

Tiene dos propósitos:

- Desplegar la calidad del producto o servicio. Es decir, el diseño del servicio o producto sobre la base de las necesidades y requerimientos de los clientes.
- Desplegar la función de calidad en todas las actividades y funciones de la organización.

El QFD se pregunta por la calidad verdadera, es decir, por "*qué*" necesitan y esperan del servicio los usuarios. También se interroga por "*cómo*" conseguir satisfacer necesidades y expectativas.

El elemento básico del QFD es la denominada **Casa de la Calidad** (House of Quality) que se muestra en la figura 4.2. Es la matriz de la que derivarán todas las demás. Y es que es éste enfoque matricial lo característico del método, de modo que el despliegue de la calidad utilizará un amplio número de matrices y de tablas relacionadas entre sí.

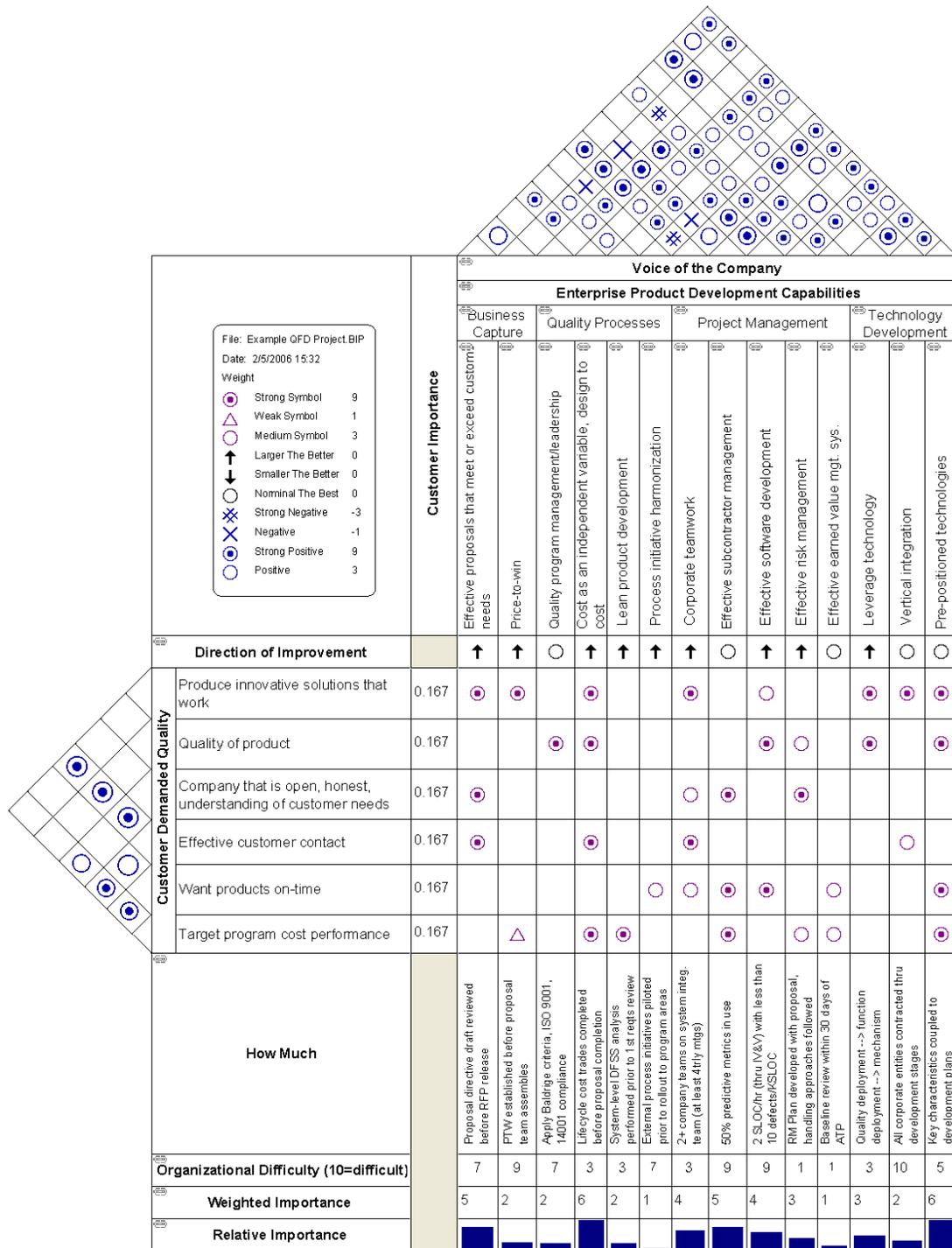


Figura 4.2 Casa de la Calidad (House of Quality)

Se puede fabricar un producto o diseñar un servicio con unas excelentes prestaciones, a un bajo precio y, sin embargo, fracasar por no tener la demanda esperada en el mercado. Esta situación indicaría que el diseño se ha hecho a espaldas del cliente potencial o que, aun habiendo

intentado conocer las expectativas de éste, se ha fracasado a la hora de traducirlas a características del producto / servicio.

La importancia del diseño es, por tanto, fundamental para el éxito. Este diseño debe traducir las demandas expresadas y latentes del cliente a las especificaciones del producto o servicio.

Como se ha mencionado anteriormente, las fuentes de información que se pueden utilizar son variadas. Desde las quejas y reclamaciones hechas por los usuarios (que son pocas, ya que un porcentaje elevado de clientes insatisfechos no declaran su insatisfacción a la organización prestataria abiertamente), hasta cuestionarios administrados a estos, pasando por conversaciones directas (normalmente en grupo).

La cuestión es qué método utilizar para que esa traducción del mundo del cliente al mundo de la organización sea lo más correcta posible. En este sentido, el QFD (Quality Function Deployment) supone una metodología que permite sistematizar la información obtenida del usuario hasta llegar a definir las características de calidad del servicio, adaptándolo a las necesidades y expectativas detectadas. Significa por tanto una herramienta para el diseño del producto o servicio.

Finalmente, se obtendrá una idea precisa de cuáles deben ser las especificaciones del servicio, en qué elementos hay que invertir y de qué manera, para conseguir acercarse a las expectativas del cliente, y ajustar así el servicio de modo que se consigan clientes satisfechos.

El QFD permite obtener información sobre los aspectos del servicio en los que hay que centrarse y, en su caso, mejorar. Para ello, tiene en cuenta las valoraciones del cliente sobre esas variables, referidas al propio servicio (y a la competencia, si se considera oportuno). Su objetivo es la obtención de una Calidad de Diseño de un servicio excelente mediante la conversión de las necesidades del cliente en características de calidad adecuadas, sin omisiones ni elementos superfluos.

### **Identificar o jerarquizar a los clientes**

Este elemento es indispensable para comprender a los clientes y considerar correctamente sus expectativas. Por otra parte, permite seleccionar el/los segmentos de usuarios adecuados para recoger los datos e informaciones necesarios para realizar el Despliegue de la Calidad Demandada y Planificada. En esta fase es imprescindible la participación del Departamento Comercial o de Marketing de la organización, que probablemente poseerá datos al respecto.

### **Identificación de las expectativas del cliente**

Para realizar el diseño de un producto/servicio en función del cliente, es esencial conocer las expectativas de éste, lo que se puede llamar mundo del cliente. Los medios que se disponen para ello, pueden ser los siguientes: Grupos de discusión. Informes sobre quejas. Estudios existentes con base en encuestas realizadas. Informes de responsables de puntos de venta. Publicaciones y artículos. Informaciones sobre la competencia. En esta fase deben implicarse distintos departamentos, como Marketing, Comercial, Organización,... así como personal de línea. El sistema de elección a utilizar es el contacto directo con clientes mediante conversaciones,

preferiblemente en grupo en las que deberemos descubrir las demandas explícitas y latentes sobre el servicio. Estos clientes, a ser posible, deberán conocer también el servicio de la competencia y opinar sobre ellos. Este tipo de informaciones suelen presentar dos inconvenientes: son poco exhaustivas y poco precisas. Ambos, se superan en la fase siguiente.

### **Conversión de la información en descripciones verbales específicas**

Los datos anteriores deben de servir para adquirir una primera orientación sobre las preferencias del cliente. De este modo, se contará con una información base que se reelaborará en esta fase con el fin de presentar un cuestionario completo a una muestra de clientes más amplia. Esta reelaboración es necesaria si se piensa que, normalmente, no se es muy específico al plantear las demandas. Por ejemplo, el grupo de usuarios pueden comentar que les gustaría tener donde elegir al comprar en el establecimiento. A partir de ahí se pueden precisar dos elementos del cuestionario: variedad de productos y variedad de marcas. Se trata de convertir la información directa en información verbal más precisa que permita obtener medidas concretas.

### **Elaboración y administración de la encuesta a clientes**

El último paso de la toma de datos sería administrar una encuesta a usuarios del servicio, que conozcan también la competencia. En este cuestionario se les pide que evalúen, de 1 a 5 (1: no ejerce influencia; 5: ejerce fuerte influencia) la influencia de cada una de las demandas estudiadas a la hora de elegir un establecimiento u otro. Se pide también que valoren cual es la posición, en cada una de esas variables, de la propia empresa y las de las empresas de la competencia, también en una escala de 1 a 5.

### **Despliegue de la calidad demandada**

Definidos los datos a obtener y conseguidos éstos, se pasa a realizar el despliegue de la Tabla de Planificación de la Calidad. Se trata de una matriz en la que se tiene, por una parte, los factores acerca de los cuales se ha interrogado a la muestra de clientes. Por otra, se tiene la importancia que se ha dado a cada uno de ellos así como la valoración que han hecho de la empresa y de la competencia. La columna puntos estratégicos permite introducir la orientación estratégica que se quiere dar al servicio. En función de la importancia concedida por el cliente en un factor concreto y la valoración recibida por la propia empresa y las de la competencia, se decidirá la calidad planificada que se quiere obtener en el futuro. Ese será el valor al que se tenderá y, en relación con la situación actual, se asignará un factor de aumento de la calidad en esa variable: Con estos datos, se estará en condiciones de obtener los pesos absolutos (importancia absoluta) de los distintos factores. El siguiente paso es la determinación de los pesos relativos (importancia relativa) de cada una de las variables en la mejora del servicio. Evidentemente, se trata de determinar en qué aspectos hay que comprometer mayor esfuerzo para ajustar el servicio a las demandas del cliente, qué hay que mejorar, en función de la situación actual de la empresa y de la competencia.

### **Despliegue de la características de calidad**

La figura 4.2 indica qué hay que mejorar. Esto ya supone un avance en cuanto al diseño del servicio pero existe otra interrogante a despejar: cómo se mejora. Para ello, es necesario desplegar otro cuadro. Se trata de una matriz de doble entrada donde se cruzan los factores

evaluados con las características de calidad. Las características de calidad se refieren a los elementos propios del mundo de la organización, es decir, aquellos que la empresa puede modificar en determinada medida y que son indicadores cuantificables y medibles por tanto. La elaboración de esta lista de indicadores debe hacerse por parte de un grupo interdisciplinar, pudiendo llevarse a cabo paralelamente a las fases anteriores. Estos indicadores tienen una importancia fundamental ya que representan el mundo de la empresa, y será en ellos sobre los que hay que actuar. La lista resultante deberá ser, por tanto, exhaustiva y consistente. Esta metodología (QFD) permite invertir con el máximo rendimiento en el diseño del servicio, haciéndolo en aquellos elementos relevantes en función del análisis realizado que, como puede observarse, considera las opiniones de los clientes, tanto sobre la empresa como sobre las de la competencia, en las variables sustanciales del servicio.

#### 4.13. Gráficos de control

Se trata de un gráfico de líneas en el que se representan las mediciones de un proceso o producto en función del tiempo. Los puntos representados pueden ser las mediciones reales de una característica de un producto o estadísticos (medias muestrales, desviaciones típicas muestrales, etc.) obtenidos de muestras. El objetivo de los gráficos de control es evaluar, controlar y mejorar procesos.

Un concepto básico en los gráficos de control es el de las causas de variación en un proceso. Las causas de variación se clasifican en causas comunes y causas especiales. Las causas comunes se deben al sistema: diseño deficiente, materiales inadecuados, mala iluminación, etc. Se pueden definir como la circunstancia particular de cada sistema (empresa, etc.). Las causas especiales se deben a situaciones particulares, y no afectan a todos: máquinas desajustadas, métodos ligeramente alterados, diferencias entre trabajadores, etc.

Los gráficos de control sirven para distinguir entre causas comunes y causas especiales de variación. Distinguir estos dos tipos de causas indica cuándo es necesario actuar en un proceso para mejorarlo y cuándo no hacerlo, pues sobreactuar en un proceso estable provoca más variación.

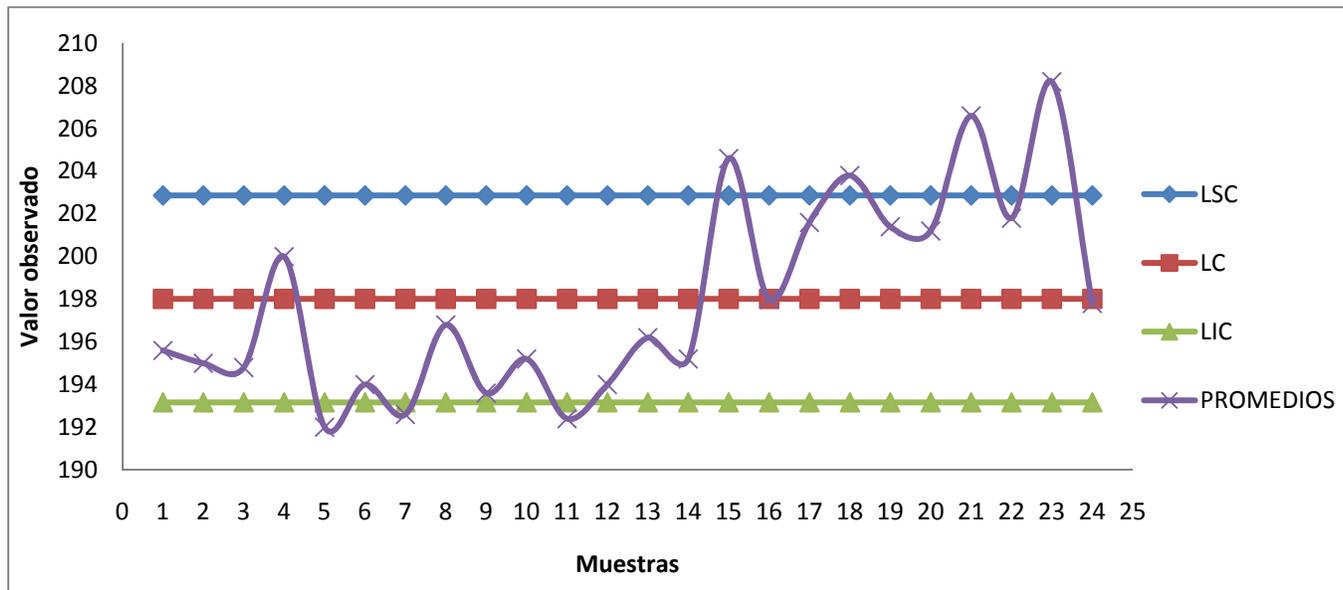
Un **proceso estable** solamente está sujeto a causas comunes de variación (pueden existir también algunas causas especiales de variación pero su efecto sería despreciable), o lo que se conoce como un sistema constante de causas, está en control estadístico y por tanto su variación es predecible dentro de los límites de control.

No significa que necesariamente el proceso tenga poca variación o se encuentre dentro de especificaciones. El mejoramiento del proceso se debe dar a través del sistema. Su capacidad se puede predecir.

En el caso de un **proceso inestable** no necesariamente tiene gran variación, sin embargo ésta no es predecible. El mejoramiento del mismo generalmente se logra a través del personal del área.

Estos gráficos disponen de una línea central que es representativa de la tendencia central del proceso, así como de unas fronteras denominadas límites de control, que son representativas de la variación del proceso cuando sobre él solamente actúan causas aleatorias de variación. Los

límites de control están situados a una distancia de más / menos tres desviaciones típicas a partir de la línea central como se muestra en la gráfica 4.3.



Gráfica 4.3 Gráfico de control de un proceso

Los estadísticos representados más comúnmente son la media muestral, la desviación típica muestral, el porcentaje de producto no conforme y el número medio de defectos por unidad. Todos los procesos tienen variación y los gráficos de control estadístico muestran dicha variación.

Los gráficos de control se pueden utilizar para:

- Representar la variación de los procesos en función del tiempo.
- Identificar cuando sucede un cambio en un proceso.
- Como base para la mejora continua.
- Identificar problemas en procesos.
- Eliminar no conformidades.
- Evaluar el desempeño de un proceso por medio de estudios de capacidad.
- Mejorar el desempeño de un proceso al dar indicaciones sobre las posibles causas de variación, y ayudan a la prevención de problemas.
- Mantener el desempeño de un proceso al indicar el tiempo de ajustes del mismo.

De acuerdo con la naturaleza de la característica de calidad se distinguen tres tipos de gráficos:

- Gráfico de control por variables.
- Gráfico de control por atributos.
- Gráfico de control por número de defectos.

Siempre que sea posible, es preferible emplear los gráficos de control por variables porque al ser magnitudes medibles aportan mayor información que el resto de los gráficos. Un gráfico de control se emplea con la inclusión de los denominados límites de control. Son tres líneas horizontales que delimitan zonas del área ocupada por el gráfico.

A continuación se describen una serie de pasos previos que se deben seguir para la correcta elaboración de los gráficos de control:

1. *Definir los objetivos* y como se quieren alcanzar. Hay que establecer que características de calidad de los procesos se emplearán, el nivel de reducción de variabilidad que se pretende alcanzar sobre cada una de ellas o qué tipo de gráfico de control es aconsejable emplear, entre otros aspectos.
2. *Seleccionar un método de medición* adecuado de los datos y que será aceptado por todas las personas implicadas en el estudio.
3. *Establecer el criterio de formación de los subgrupos* significativos de datos, en el caso de emplear medidas, rangos o desviaciones. Cada subgrupo debe tener un tamaño constante y adecuado, formado por muestras seguidas que reflejen únicamente causas comunes.
4. *Determinar la frecuencia de los subgrupos*, de tal manera que entre ellos aparezcan las causas especiales que podamos apreciar. Si la variabilidad es grande, la frecuencia deberá ser alta.
5. *Cálculo de los límites de control del proceso*. Las fórmulas de cálculo difieren de un tipo a otro de gráfico. Existen una serie de coeficientes o factores que se emplean para el cálculo de los límites de control de los diferentes tipos de gráficos.

Una vez seleccionadas las características de calidad que serán estudiadas y determinados los gráficos de control más aconsejables en función de ellas, se elaborarán los diferentes gráficos de control para apreciar las posibles variaciones, y en este caso tomar las medidas adecuadas hasta conseguir que el proceso esté bajo control, mediante la eliminación de todas las causas especiales o asignables.

Los siguientes pasos muestran la secuencia de uso de los gráficos de control:

- Definir la característica a medir.
- Definir el punto de inspección (en qué etapa del proceso se va a medir la característica).
- Seleccionar el gráfico de control a utilizar.
- Analizar el sistema de medición.
- Determinar el tamaño del subgrupo (tamaño de la muestra) a medir.
- Determinar la frecuencia de la medición.
- Tomar físicamente las mediciones.
- Representar las mediciones o el estadístico utilizado (dependiendo del gráfico seleccionado), uniéndolas mediante una línea.
- Cuando se considere que sobre el proceso han actuado todas las causas aleatorias posibles (se suele tomar 20 o 25 puntos), calcular la línea central y los límites de control superior e inferior.
- Identificar si hay puntos fuera de los límites de control. Si existieran causas especiales de variación identificadas para estos puntos, recalcular la línea central y los límites de control sin tener en cuenta los valores asociados a estos puntos. Si, a pesar de estar los puntos

fuera de control, no existieran causas especiales asignables a éstos, se mantendrían sus valores en los cálculos de la línea central y límites.

- Extender los límites de control y la línea central en un gráfico en blanco para una toma de 20 o 25 mediciones.
- Es necesario reunir un mínimo de 25 subgrupos de datos. Una cantidad menor no ofrecería la cantidad necesario de datos que permita el cálculo exacto de los límites de control; una cantidad mayor demoraría la obtención de la gráfica de control.
- Tomar nuevas mediciones y representar los puntos correspondientes. En caso de que un punto salga fuera de límites, identificar la causa especial de variación que lo ha provocado y eliminarla.
- Al completar 20 o 25 mediciones, recalcular la línea central y los límites de control con las nuevas mediciones correspondientes a puntos en control. Si los límites así calculados son más amplios que los anteriores, dejar los límites anteriores para una nueva toma de 20 o 25 mediciones. Si los límites calculados son más estrechos, utilizar éstos para la nueva toma de mediciones.
- Seguir con el proceso anterior hasta nuevas instrucciones.

#### **Identificación de las características de control**

Se justifica la necesidad de disminuir la variación de una característica de un producto por los costos asociados con dicha variación tanto para el fabricante como para el cliente como se muestra en el esquema 4.4.



Esquema 4.4 Definición de característica de control

Esta disminución se logra mediante un programa de control estadístico de aquellos procesos cuya respuesta son las citadas características. Ahora bien, este programa de mejora tiene un costo y si éste es superior al asociado a la variación, deja en principio de estar justificado el programa.

Se entiende por característica de control de un producto toda aquella que tiene un mayor interés:

- Desde el punto de vista de la utilización del producto, lo que se llaman condiciones de diseño (actuaciones y tiempo de vida para el cliente externo).
- Desde el punto de vista de la fabricación: ajuste, alta probabilidad de ocurrencia de fallo baja probabilidad de detección para el cliente interno.

Las herramientas a utilizar en la determinación de las características de control son la función pérdida, el análisis de riesgo y el análisis de Pareto. Ya revisadas en este trabajo con anticipación.

#### Definición del punto de inspección

En la cuantificación de la variación asociada a las características de control denominamos punto de inspección al momento en que se van a realizar las mediciones a partir de las cuales se va a estimar la variación. Es útil en esta actividad tener en cuenta la experiencia anterior de piezas y procesos similares, así como la realización de diagramas de flujo de los procesos para obtener una mejor visión del mismo.

#### Selección de gráficos de control de procesos

La tabla 4.5 resume la selección de los gráficos de control por variables.

Caso a Tratar	Gráfico a utilizar	Tamaño de la muestra
<ul style="list-style-type: none"> <li>Datos de tipo variable</li> <li>Una sola característica a medir</li> <li>Producción alta</li> <li>Característica medible en taller. No necesario apoyo de cálculo.</li> </ul>	$(\bar{X}, R)$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menor de 10. Preferible 5</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Datos de tipo variable</li> <li>Una sola característica a medir</li> <li>Producción alta</li> <li>Característica no medible en taller. Necesario apoyo de cálculo.</li> </ul>	$(\bar{X}, S)$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor de 10.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Datos de tipo variable</li> <li>Una sola característica a medir</li> <li>Producción baja</li> <li>Imposible de formar subgrupos racionales de 2 o más de 2 elementos.</li> </ul>	$(X_i, RM)$	<ul style="list-style-type: none"> <li>1</li> </ul>

Tabla 4.5 Selección de Gráficos de control por variable.

La tabla 4.6 resume la selección de gráficos de control por atributos.

Caso a Tratar	Gráfico a utilizar	Tamaño de la muestra
<ul style="list-style-type: none"> <li>Datos de tipo atributo</li> <li>Más de una sola característica a medir</li> <li>Producción muy alta</li> <li>Tamaño de subgrupo constante o variable</li> <li>Se mide y representa la fracción de unidades no conformes.</li> </ul>	p	<ul style="list-style-type: none"> <li>Superior a 30 pudiendo ser constante o variable.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Datos de tipo atributo</li> <li>Más de una característica a medir</li> <li>Producción muy alta</li> <li>Tamaño de subgrupo constante</li> </ul>	np	<ul style="list-style-type: none"> <li>Superior a 30 debiendo ser constante.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>Se mide y representa el número de unidades no conformes.</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Datos de tipo atributo</li> <li>Más de una característica a medir</li> <li>Producción muy alta</li> <li>Tamaño de subgrupo constante</li> <li>Se mide y representa el número de no conformidades.</li> </ul>	c	<ul style="list-style-type: none"> <li>Más de una unidad pero constante.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Datos de tipo atributo</li> <li>Más de una característica a medir</li> <li>Producción muy alta</li> <li>Tamaño de subgrupo constante o variable</li> <li>Se mide y representa el número de no conformidades por unidad.</li> </ul>	u	<ul style="list-style-type: none"> <li>Más de una unidad pudiendo ser constante o variable.</li> </ul>

Tabla 4.6 Selección de gráficos de control por atributos

### Análisis del sistema de medición

Se denomina capacidad del sistema de medición a la variación total de los valores obtenidos como resultado de múltiples mediciones de unos mismos elementos por distintos inspectores.

Se considera satisfactorio un sistema de medición que no consuma más de un 10% de la tolerancia especificada, calculando este porcentaje como:

$$\% \text{ de tolerancia} = \frac{\text{capacidad del instrumento}}{LTS - LTI} \times 100$$

Donde:

**LTS** es el límite de tolerancia superior.

**LTI** es el límite de tolerancia inferior.

### Toma de muestras en los gráficos de control

La eficacia de los gráficos de control depende de la forma de realizar la toma de muestras. En esta toma de muestras es fundamental considerar lo siguiente:

- Las mediciones tomadas deben ser representativas de la producción en el momento de tomar la muestra.
- El tamaño de muestra predeterminado debe mantenerse constante siempre que sea posible. En los gráficos de control por variables más característicos, los gráficos, suele ser normal pequeños tamaños de muestra, tres a cinco mientras que en los gráficos generalmente son mayores de 10.
- En los gráficos por atributos se requieren tamaños de muestra mucho más grandes, aunque pueden ser variables. En realidad, el tamaño de muestra idóneo está en función de la calidad media del proceso. Existen distintos criterios para seleccionar dicho tamaño.

- Las mediciones deben ser independientes estadísticamente entre sí, aunque con objeto de lograr su homogeneidad, las mediciones de un subgrupo deben recogerse en el menor intervalo de tiempo posible.
- Las mediciones deben recogerse y representarse en el orden cronológico de fabricación.
- La frecuencia muestras debe ser siempre mayor en el estudio inicial que en procesos ya conocidos. Los puntos básicos a tener en cuenta son:
  - No establecer tomas de muestra en periodos en los que la experiencia nos garantice continuidad en el proceso.
  - Establecer tomas de muestra siempre que exista posibilidad de actuación de una causa especial: cambios de turno, relevo de operarios, cambios de materia prima, cambios de herramienta, después de mantenimiento de instalaciones, etc.

#### **Determinación del estado de control**

Se toman mediciones en los puntos de inspección, se representan en los gráficos correspondientes y se comprueba si dichos puntos se encuentran en estado de control (dentro de los límites de control) o fuera del estado de control (fuera de los límites de control). Cuando se encuentren fuera de control se identifican las causas especiales asignables y se eliminan estas. Los valores correspondientes a los puntos fuera de control con causas asignables identificadas que no participan en el recálculo de los nuevos límites de control.

#### **4.13.1. Gráfico de control por variables**

Gráficos de control de tipo variable cuyo objetivo sea vigilar el comportamiento de la tendencia central del proceso y de la variabilidad del mismo a través del rango, mediante la medición de una sola característica. Se recomienda cuando la medición se realiza dentro del propio taller o en el momento de ejecución de un servicio. Los gráficos de control para variables son utilizados para controlar características de calidad medibles en una escala continua como longitudes, alturas, diámetros, etc.

Sus diferentes tipos son:

- Gráfico de medias y rangos
- Gráfico de lecturas individuales
- Gráfico de medias y desviación estándar
- Gráfico de medianas y rangos.

Los parámetros típicos de un gráfico de control son:

- Tamaño de muestra (n)
  - a) Shewhart (1931) recomienda  $n=4$  o  $5$ .
- Frecuencia de muestreo (f)
  - a) En promedio debe haber uno de cada 25 puntos fuera de los límites de control. Si hay más, incrementar la frecuencia. Si hay menos, disminuirla (Pyzdek, 1990).
- Número de muestras

- a) Veinte subgrupos con  $n=5$ , o 25 subgrupos con  $n=4$  (100 observaciones individuales).

Las muestras se seleccionan de tal forma que las piezas sean lo más uniforme entre sí. Esto se logra, en general, tomando piezas consecutivas fabricadas en el mismo periodo. La razón de seleccionar los subgrupos (muestras) (Shewhart, 1931; Western Electric, 1956) de esta manera, es para que cada uno de ellos refleje la variación natural (interna, causas comunes) del proceso, y para que las muestras enfatizen la variación existente entre ellas, por ejemplo entre diferentes lotes, trabajadores, ajustes, etc.

Esta variación natural determina el ancho de los límites de control. La variación entre las muestras será debida a las fluctuaciones naturales además de las causas especiales (asignables), en el caso de existir estas últimas. Si existen causas especiales de variación dentro de cada muestra, esto inflará artificialmente la variación del proceso y los límites de control estarán más separados entre sí, con la posible consecuencia de permitir mayores cambios en el proceso sin considerarlos como fluctuaciones fuera de control. Además la interpretación de dichas causas especiales es más difícil, pues provocan estratificación (adhesión a la línea central) y mezclas (adhesión a los límites de control). En la gráfica de medias se compara la variación de las medias de los subgrupos con respecto a la variación interna.

#### Gráfico de control de medias y rangos

Este tipo de gráfica es una herramienta estadística que muestra el comportamiento de la media (posición) y la variación (dispersión) de cierta característica de calidad de un proceso con respecto al tiempo. Esta gráfica se usa para controlar una característica de calidad continua tomando muestras de tamaño entre 2 y 10.

El objetivo es evaluar, controlar y mejorar la característica de calidad de interés, desde el punto de vista del ajuste de su posición y la reducción de su variación con respecto al objetivo.

Los siguientes cálculos son necesarios para construir un gráfico de control para medias o para rangos como se muestra en la tabla 4.7.

Gráfico	Límites de Control	Líneas Centrales	Puntos a representar	Tamaño del subgrupo n
<b>Medias</b> $\bar{X}$	$LSC = \bar{X} + A_2\bar{R}$ $LIC = \bar{X} - A_2\bar{R}$	$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{k}$	$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$	n=20  Preferible 3 a 5
<b>Recorridos</b> R	$LSC = D_4\bar{R}$ $LSC = D_3\bar{R}$	$\bar{R} = \frac{\sum R}{k}$	$R = X_{max} - X_{min}$	Constante

Tabla 4.7 Cálculos necesarios para un gráfico de control

Donde:

**A<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> y D<sub>4</sub>** son las constantes utilizadas en el cálculo de los límites de control.

**k** es el número de subgrupos (número de puntos representados).

**LCI** representa el Límite de Control Inferior.

**LCS** representa el Límite de Control Superior.

**n** es el tamaño del subgrupo.

**R** es el recorrido. Punto a representar en un gráfico de recorridos.

$\bar{R}$  es el recorrido medio. Línea central de un gráfico de recorridos.

**X** representa las mediciones individuales.

$\bar{X}$  es la media de las mediciones individuales. Punto a representar en el gráfico de medias.

$\bar{\bar{X}}$  representa la media de la media de las mediciones individuales. Es la línea central de un gráfico de medias.

#### Condiciones para el uso de los gráficos de control por variables

- Tamaño de subgrupo comprendido entre 2 y 10.
- Una sola característica en cada gráfico.
- Producción alta.
- Disponer de entre 20 y 25 grupos para el cálculo de los límites de control y la línea central.
- Pueden utilizarse aunque las mediciones individuales no se distribuyan de acuerdo a una normal dado que las medias se tienden a distribuirse de esa manera.

#### 4.13.2. Gráfico de control por atributos

Los gráficos de control por atributos se usan para medir características discretas, es decir, “medibles” (contables) sobre una escala que solamente toma valores puntuales o discretos, cómo número de defectos o número de artículos defectuosos, por ejemplo.

Sus diferentes tipos son:

1. **Gráfica p:** evalúa la fracción o el porcentaje de unidades defectuosas. El tamaño de la muestra  $n$  puede ser variable.
2. **Gráfica np:** evalúa el número de unidades defectuosas, con  $n$  constate.
3. **Gráfica c:** evalúa el número de defectos en unidades bien definidas ( $n$  constante).
4. **Gráfica u:** evalúa el número de defectos por unidad. El tamaño de la muestra  $n$  puede ser variable.

#### Gráficos de control por atributos “p”

Es un gráfico de control por atributos para evaluar la fracción de unidades no conformes. Esta herramienta se puede utilizar cuando:

- No se puedan obtener datos de tipo variable para la característica a controlar.
- No se puedan obtener tamaños de muestra constantes.
- Se necesiten identificar cambios repentinos en los niveles de calidad de los procesos.

Cómo utilizar esta herramienta:

- Decidir un tamaño de subgrupo tal que se pueda esperar al menos un elemento no conforme.
- Representando proporciones no conformes en un sólo gráfico, disponiendo dicho gráfico de línea central y límites de control.

Algunas condiciones que se deben cumplir para el uso de este tipo de gráficos de control son las siguientes:

- El tamaño de la muestra es tal que la expresión  $\bar{p} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$  no contiene ni al cero ni al uno. Como condición más sencilla, exigir que el tamaño de la muestra sea tal que exista al menos una unidad no conforme en cada subgrupo.
- Disponer de entre 20 y 50 mediciones individuales para el cálculo de los límites de control y la línea central.

Los cálculos mostrados en la tabla 4.8 son necesarios para la construcción del gráfico.

Gráfico	Límites de Control	Líneas Centrales	Puntos a representar	Tamaño del subgrupo n
<b>p</b>	$LSC = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$ $LIC = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$	$\bar{p} = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k}$	$\bar{p}_i = \frac{d_i}{n_i}$	Entre 20 y 25 mediciones individuales.

Tabla 4.8 Cálculos necesarios para la construcción de un gráfico de control

Donde:

**k** es el número de subgrupos (número de puntos representados).

**LCI** es el Límite de Control Inferior.

**LCS** es el Límite de Control Superior.

**p** es la proporción no conforme en un subgrupo. Punto a representar en un gráfico p.

$\bar{p}$  es la proporción no conforme media. Línea central de un gráfico p.

$n_i$  representa el tamaño del subgrupo i.

$d_i$  es el número de unidades no conformes en el subgrupo i.

### Gráficos de control por atributos “np”

Gráfico de control por atributos para el número de unidades no conformes. Se utiliza cuando:

- No se pueden obtener datos de tipo variable para la característica a controlar.
- Se puedan obtener tamaños de muestra constantes.
- Se necesiten identificar cambios repentinos en los niveles de calidad de los procesos.

Las condiciones de uso son las mismas que en los gráficos de control por atributos “p” y se utilizan de la misma forma.

Los cálculos mostrados en la tabla 4.9 son necesarios para construir el gráfico de control por atributos “np”.

Gráfico	Límites de Control	Líneas Centrales	Puntos a representar	Tamaño del subgrupo n
np	$LSC = \bar{np} + 3\sqrt{\bar{np}(1 - \bar{p})}$ $LIC = \bar{np} - 3\sqrt{\bar{np}(1 - \bar{p})}$ <p>El LCI se considerará que es igual a cero cuando el valor calculado sea negativo.</p>	$\bar{np} = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_k}{k}$	d <sub>i</sub>	Entre 20 y 25 mediciones individuales.

Tabla 4.9 Cálculos necesarios para un gráfico de control por atributos “np”

Donde:

**k** es el número de subgrupos (número de puntos representados).

**LCI** es el Límite de Control Inferior.

**LCS** es el Límite de Control Superior.

**np** es el número de unidades no conformes en un subgrupo. Punto a representar en un gráfico np.

$\bar{np}$  es el número de unidades no conformes medio. Línea central de un gráfico np.

**n** representa el tamaño del subgrupo.

**d<sub>i</sub>** es el número de unidades no conformes del subgrupo i.

### Gráficos de control por atributos “c”

Al igual que los gráficos de control de procesos, se utiliza cuando:

- No se puedan obtener datos de tipo variable para la característica a controlar.
- Se puedan obtener tamaños de muestra constantes.
- Se necesite identificar cambios repentinos en los niveles de calidad de los procesos medido dicho nivel como el número medio de no conformidades por muestra.

Para comenzar a utilizar esta herramienta se debe decidir un tamaño de subgrupo tal que se pueda esperar al menos un elemento no conforme y mantener constante dicho tamaño. Así

mismo, representando el número de no conformidades por muestra en un sólo gráfico, disponiendo dicho gráfico de línea central y límites de control.

Como condición más sencilla de uso, exigir que el tamaño de la muestra sea tal que exista al menos una no conformidad en cada subgrupo. Se debe disponer de entre 20 y 25 mediciones individuales para el cálculo de los límites de control y la línea central.

Los siguientes cálculos de la tabla 4.10 se deben realizar para poder proceder a la construcción del gráfico de control por atributos “c”.

Gráfico	Límites de Control	Líneas Centrales	Puntos a representar	Tamaño del subgrupo n
c	$LSC = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$ $LIC = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$ <p>El LCI se considerará que es igual a cero cuando el valor calculado sea negativo.</p>	$\bar{c} = \frac{c_1 + c_2 + \dots + c_k}{k}$	$c_i$	Entre 20 y 25 mediciones individuales.

Tabla 4.10 Cálculos necesarios para un gráfico de control por atributos “c”

Donde:

**k** es el número de subgrupos (número de puntos representados).

**LCI** es el Límite de Control Inferior.

**LCS** es el Límite de Control Superior.

$c_i$  es el número de no conformidades en el subgrupo i. Punto a representar en un gráfico c.

$\bar{c}$  es el número de no conformidades medio. Línea central de un gráfico c.

**n** representa el tamaño del subgrupo.

**Gráficos de control por atributos “u”**

Este tipo de gráficos de control por atributos para el número de no conformidades por unidad se utiliza igual que en los gráficos de control de procesos cuando:

- No se puedan obtener datos de tipo variable para la característica a controlar.
- Se puedan obtener tamaños de muestra constantes.
- Se necesite identificar cambios repentinos en los niveles de calidad de los procesos medido dicho nivel como el número medio de no conformidades por unidad.

Al inicio de su uso se debe decidir un tamaño de subgrupo tal que se pueda esperar al menos una no conformidad. Como condición más sencilla para su uso se debe exigir que el tamaño de la muestra sea tal que exista al menos una no conformidad en cada subgrupo, así como

disponer de entre 20 y 25 mediciones individuales para el cálculo de los límites de control y la línea central.

A continuación se muestran los cálculos necesarios para la construcción del gráfico de control por atributos “u” en la tabla 4.11.

Gráfico	Límites de Control	Líneas Centrales	Puntos a representar	Tamaño del subgrupo n
u	$LSC = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$ $LIC = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$ <p>El LCI se considerará que es igual a cero cuando el valor calculado sea negativo.</p>	$\bar{u} = \frac{c_1 + c_2 + \dots + c_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k}$	$\bar{u}_i = \frac{c_i}{n_i}$	Entre 20 y 25 mediciones individuales.

Tabla 4.11 Cálculos necesarios para un gráfico de control por atributos “u”

Donde:

**k** es el número de subgrupos (número de puntos representados).

**LCI** es el Límite de Control Inferior.

**LCS** es el Límite de Control Superior.

**c<sub>i</sub>** es el número de no conformidades en el subgrupo i. Punto a representar en un gráfico c.

**n<sub>i</sub>** es el tamaño del subgrupo i.

**u<sub>i</sub>** representa el número de no conformidades por unidad en el subgrupo i. Punto a representar en un gráfico u.

**$\bar{u}$**  es el número de no conformidades medio por unidad. Línea central de un gráfico u.

#### 4.13.3. Interpretación de gráficos de control

Con respecto a las características de un comportamiento natural o normal (aleatorio) que son:

1. La mayoría de los puntos cerca de la línea central,
2. Pocos puntos cerca de los límites de control, y
3. Ningún u ocasionalmente algún punto fuera de los límites de control,

Un patrón anormal tiene las siguientes características:

1. La ausencia de puntos cerca de la línea central indica un patrón llamado **mezcla**,
2. La ausencia de puntos cerca de los límites de control produce la **estratificación**, y
3. Los puntos fuera de los límites indican **inestabilidad**.

La regla empírica (sin tener el requisito de normalidad, Wheeler y Chambers, 1992) incluye las siguientes características:

- 60-75% de los datos estarán dentro de 1 sigma unidades de la media.
- 90-98% de los datos estarán dentro de 2 sigma unidades de la media.
- 99-100% de los datos estarán dentro de 3 sigma unidades de la media.

El patrón de inestabilidad para gráficos de medias y lecturas individuales se evalúa a partir de considerar la mitad (superior o inferior) de un gráfico de control, y dividir esta zona en tercios como se muestra en la figura 4.12.



Figura 4.12 Mitad de un gráfico de control dividido en tercios

El patrón de **inestabilidad** puede ser provocado por:

- Un sólo punto fuera del límite (se puede tolerar hasta un punto por cada 35 graficados, o dos por cada 100 de ellos sin considerar una situación fuera de control).
- Dos de tres puntos consecutivos en ZA o más allá.
- Cuatro de cada cinco puntos consecutivos en ZB o más allá.
- Ocho puntos consecutivos en ZC o más allá.

El patrón de **estratificación** (adhesión a la línea central) ocurre cuando 15 o más puntos consecutivos están en ZC, ya sea arriba o debajo de la línea central. Las variaciones hacia arriba y hacia abajo son pequeñas comparadas con el ancho de los límites.

El patrón de **mezcla** (adhesión a los límites de control) ocurre cuando ocho puntos consecutivos están en ambos lados de la línea central, y ninguno de ellos está en ZC. Significa que hay muchos puntos cerca de los límites de control.

Existe además un patrón de **tendencias**, el cual es una serie de puntos consecutivos -6 o más sin cambio en dirección (hacia arriba o hacia abajo).

Para una explicación general, el gráfico R se interpreta en primer lugar. Si no está en control estadístico, se deberán investigar y eliminar todas las causas especiales, antes de proceder con la interpretación del gráfico de medias. El gráfico R se considera el más importante en un estudio de capacidad.

El gráfico R está relacionado con la uniformidad. Cuando está fuera de control puede deberse a mantenimiento insuficiente, malas reparaciones (dominio de máquina), trabajadores nuevos o algo que los moleste (dominio del trabajador).

El gráfico de medias representa el centrado del proceso. Acciones relacionadas que pueden manifestarse en ella son: a) ajuste de máquina, b) características particulares de los materiales o las partes usadas, y c) cambio o ajuste en las técnicas de los trabajadores o de los inspectores. Se interpreta siempre y cuando la gráfica R esté en control.

Con respecto a la relación entre el gráfico de medias y las especificaciones, esto se considera solamente cuando las gráficas de medias y las de rangos estén en control. En el caso de distribuciones simétricas, para representar el ancho de la distribución de los valores individuales y compararla con las especificaciones, multiplicar la distancia que hay en el gráfico de medias entre la línea central y algún límite de control, por la raíz cuadrada de  $n$  (tamaño de los subgrupos).

Para el gráfico de lecturas individuales es necesario verificar tendencias, observar fluctuaciones. Estas tienen relación con la uniformidad, y buscar ciclos o agrupamientos. El conocimiento del proceso ayudará a encontrar las causas de dichos problemas.

En el caso de gráficos de atributos, como la gráfica  $p$ , si ésta fluctúa puede ser: a) que la fracción defectuosa esté cambiando, o b) que ha cambiado la clasificación de artículos defectuosos. Si el comportamiento es errático, las causas más frecuentes son operadores con poca capacitación o partes con poco control.

#### **4.14. Mapa de proceso a primer nivel (Diagrama PEPSC)**

PEPSC es un acrónimo de *Proveedor, Entrada, Proceso, Salida y Cliente*. Este mapa de proceso se usa en la fase de Definir del DMAIC y, a menudo, es el método preferido para representar los procesos de negocio principales e identificar posibles medidas.

Este diagrama se utiliza para mostrar las actividades principales o subprocesos en un proceso de negocio, junto con su marco operativo representado por los Proveedores, Entradas, Salidas y Clientes. Se usa para ayudar a definir los límites y los elementos críticos del proceso sin entrar en tanto detalle que se pierda de vista el proceso global.