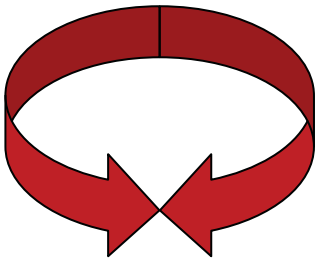
GESTIÓN DE LA CALIDAD TOTAL

Lluís Cuatrecasas Arbós



Esta monografía es un capítulo del libro ORGANIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y DIRECCIÓN DE OPERACIONES

Colección: Monografías
Serie: ADMINISTRACIÓN / MARKETING

DIAZ DE SANTOS

Esta monografía está formada por un capítulo del libro:

ORGANIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y DIRECCIÓN DE OPERACIONES

Autor: Lluís Cuatrecasas Arbós

(Obra completa publicada por Ediciones Díaz de Santos). Puede ocurrir que en el texto de esta monografía se haga referencia o citen otras páginas que correspondan a otros capítulos de la obra completa, esto sería normal al haberse respetado la paginación original.

Obra completa: ISBN 978-84-9969-349-1 (Libro electrónico)
Obra completa: ISBN 978-84-7978-997-8 (Libro en papel)

© Lluís Cuatrecasas Arbós, 2012

Reservados todos los derechos

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico por fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso y por escrito de los titulares del Copyright.

Ediciones Díaz de Santos
Albasanz, 2
28037 Madrid

http://ediciones.diazdesantos.es
ediciones@diazdesantos.es

ISBN 978-84-9969-353-8

16

Gestión de la calidad total. Diseño, gestión y control de la calidad

16.1. LA CALIDAD. CALIDAD TOTAL

Hasta ahora hemos aprendido a producir, a hacerlo eficientemente, a bajo coste y con rapidez, tratando de hacer llegar un producto o servicio al cliente con la máxima eficiencia y mínimo tiempo (mediante la logística). Pero esto no es suficiente. *La producción ha de dar lugar a productos o servicios bien hechos*, que se *ajusten a los requerimientos* del consumidor y esto exige *calidad*, sin renunciar a los aspectos citasos, a fin de alcanzar la necesaria competitividad.

La calidad puede definirse como *el conjunto de características que posee un producto o servicio obtenidos en un sistema productivo, así como la capacidad de satisfacción de los requerimientos del usuario.* La calidad supone el cumplimiento por parte del producto de las especificaciones para las que ha sido diseñado, que deberán ajustarse a las expresadas por el cliente.

Los más importantes autores que han desarrollado trabajos en la temática de la calidad hacen referencia expresa a diferentes significados como «*adecuación al uso y ausencia de defectos*» (*J.M. Juran*), «*Cumplimiento de las especificaciones*» (*P.B. Crosby*), o algunos tan originales como la denominada «*función de pérdida*» de *Genichi Taguchi* expresada como «*la pérdida que el uso de un producto o servicio causa a la sociedad*».

Hay que descartar aspectos erróneos que aún hoy en día se consideran acerca de la calidad; así, un producto de calidad no tiene por qué representar un producto o servicio de prestaciones elevadas; tampoco la calidad debe identificarse como algo intangible y, mucho menos como una característica difícilmente medible.

El concepto de calidad ha ido evolucionando a lo largo de los años, ampliando objetivos y variando de orientación. La calidad ha evolucionado desde un mero control o inspección (rechazo de los productos defectuosos) hasta llegar a convertirse en uno de los pilares de la estrategia global de la empresa.

En la época de la *producción artesanal*, la calidad era inherente al trabajo que debía dejar satisfecho al cliente; con la llegada de la organización industrial y, sobre todo, de la *producción en masa*, se imponía, ahora sí, un control de la calidad resultante. Éste llegó inicialmente a base de *inspeccionar los productos* obtenidos en la producción, lo que resultaba muy costoso porque consistía en rechazar todos los productos defectuosos, lo que representaba un primer coste y después recuperar de alguna forma dichos productos si era posible, lo que representaba otro coste adicional.

Posteriormente se comienzan a aplicar *técnicas estadísticas de muestreo* para verificar y controlar los productos de salida. Suponía un avance en la inspección de todos los productos de salida.

El concepto de calidad sufre una evolución importante, pasando de la simple idea de realizar una verificación de calidad, a tratar de generar la calidad desde sus orígenes. Se busca evitar los productos defectuosos dotando al *proceso* de producción de los adecuados controles, a fin de *asegurar la calidad de los productos que genera*. Se siguen utilizando las técnicas estadísticas, pero ahora como herramientas que permitan garantizar la calidad de los productos a través del control de los procesos, por medio del llamado *Control Estadístico de Procesos (SPC)*.

Un nuevo paso adelante llega con el nuevo concepto de *Gestión de la Calidad Total* (*Total Quality Management TQM*). Con el *TQM*, concepto que aparece en 1961 debido a Feigenbaum, la calidad afecta a *todos los departamentos* de la empresa, involucrando a todos los recursos humanos y liderada por la alta dirección. Se aplica la calidad desde la planificación y diseño de productos y servicios, dando lugar a una nueva filosofía de la forma de gestionar una empresa; con ello, la calidad deja de representar un coste y se convierte en una característica que permite la reducción de costes y el aumento de beneficios.

En la actualidad, el concepto de Calidad Total preside toda la gestión de las empresas y se ha convertido en la estrategia clave, el camino hacia la competitividad, mejorando los costes y los plazos, al mismo tiempo que el servicio al cliente y la capacidad de respuesta frente a su demanda.

16.2. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA CALIDAD Y SU GESTIÓN

Los conceptos modernos relacionados con la calidad se pueden establecer en torno a los años veinte, en los EE UU, impulsada por grandes compañías como la Ford Motor Company, American Telephone & Telegraph, Western Electric, etc., que comienzan a implantar el criterio de calidad de diversas formas.

En esta etapa Ronald Fisher comienza aplicar el *Diseño Estadístico de Experimentos (DEE)* en la mejora de la productividad de algunos cultivos. También se desarrolla el *Control Estadístico de la Calidad (SPC)* en manos del considerado padre de la calidad, Walter A. Shewhart.

El siguiente avance se produjo en la Segunda Guerra Mundial con el desarrollo del *SPC* y de otros temas relacionados con la calidad. Durante esta época, Walter E. Deming o Joseph M. Juran participan y desarrollan el programa de gestión de la calidad. También es esta época, Armand V. Feigenbaum comienza a desarrollar un

nuevo concepto: «control de la calidad total», origen de lo que hoy se denomina *Gestión de la Calidad Total* (*TQM*).

Una vez finalizada la guerra, las ideas que se han ido formando se transvasan a Japón, principalmente mediante conferencias y seminarios de los maestros Deming y Juran en este país.

Nos será hasta los años ochenta, que la calidad experimenta una evolución en la industria americana, pasando a considerarse un elemento estratégico fundamental. Philip B. Crosby introdujo el programa de mejora tratando de concienciar a las empresas para que centraran sus esfuerzos en la necesidad de obtener mayor calidad. El objetivo consistía en suprimir gran parte de las inspecciones haciendo las cosas bien desde el principio, es decir, «a la primera»*(First Time Quality FTQ)*.

El concepto de calidad evoluciona hasta el concepto de *Gestión de la Calidad Total*, como nueva filosofía que engloba e integra técnicas que se venían practicando (*SPC*, *DEE*) con otrass herramientas de más reciente incorporación (*QDF*, *AMFE*).

Los grandes «gurús» de la calidad

La evolución de la calidad ha estado impulsada por grandes personajes (*gurús*) con importantes desarrollos de sistemas de gestión, herramientas y técnicas. Destacaremos los que siguen:

Walter A. Shewhart: se le considera el padre del *Control Estadístico de Procesos* (SPC). Empezó a implantar esta técnica en la *Bell Telephone Company* en el año 1924.

W. Edwards Deming: discípulo de *Shewhart*, consultor eminente y profundo conocedor de la estadística. Con una serie de conferencias inculca sus ideas a ingenieros y científicos japoneses en 1950. Hasta 1980 no empiezan a tenerse en cuenta sus ideas en su país (EE UU).

Joseph M. Juran: contemporáneo de *Deming*, realiza al igual que él conferencias y seminarios en Japón. Es conocido por el desarrollo de la trilogía de la calidad: planificación, control y mejora de la calidad.

Armand V. Feigenbaum: trabajó en la *General Electric* de Nueva York, en donde desarrolla en los años 40 el concepto de la calidad total ampliando el concepto de «gestión» de la calidad.

Kaoru Ishikawa: experto y pionero en el control de calidad en Japón, es conocido por el desarrollo de los «círculos de calidad». Creador en 1943 del *diagrama de Ishikawa* (también llamado de «espina de pez» o diagrama de causa-efecto), considerado como una de las siete herramientas básicas de la calidad.

Philip B. Crosby: aplica el concepto de *cero defectos* en los años sesenta en la ITT. Preocupado por la prevención de la calidad, la mejora continua, y por los costes de la ausencia de calidad.

16.3. LA CALIDAD Y SU GESTIÓN. INTRODUCCIÓN A LA CALIDAD ASEGURADA Y COMPETITIVA

De acuerdo con lo expuesto, la *gestión de la calidad total* irá encaminada a gestionar todos los procesos de una empresa, basándose en la calidad, y permitirá obtener el máximo de ventajas competitivas y la satisfacción total de los clientes.

Clientes son los receptores de un producto o servicio que proviene de un proceso productivo. Así, deberemos distinguir entre clientes internos y externos. El *cliente externo* incluye a las personas, empresas y mercado en general, independientes de la empresa que desarrolla el proceso y que son el destinatario final del producto o servicio que produce este proceso. Por otra parte, los *clientes internos* representan el área, departamento, sección o persona que consumen los *outputs* de otra área, departamento, etc., de la misma empresa. El objetivo es la satisfacción total tanto de los clientes externos como de los internos.

La gestión de la calidad ha evolucionado en los últimos años a un ritmo vertiginoso, y queda ya muy lejos de aquel concepto de acuerdo con el cual la calidad suponía exclusivamente entregar al cliente productos y servicios funcionalmente correctos.

En la actualidad la calidad no puede desligarse de la competitividad y, por tanto, del coste de los productos o servicios y del tiempo de entrega de los mismos. *Calidad, coste y tiempo* son, en la actualidad, los tres grandes pilares de la competitividad, ya que ésta supone, no solo entregar productos correctos, sino a un coste razonable y en un tiempo asimismo razonable, de forma que ambos (coste y tiempo) deben ser lo suficientemente reducidos para que no excedan de lo que sean capaces de reducirlos los competidores. De hecho, el término «competitividad» significa que el sistema productivo debe estar capacitado para alcanzar, por lo menos, los niveles que pueden asumir los competidores.

La calidad significa pues, en la actualidad, entregar productos y servicios funcionalmente correctos, como ha sido siempre, pero además no puede eludir otras nuevas exigencias en aras de la competitividad, que están marcando la tendencia en la gestión de la calidad en este siglo XXI. Destacaremos como exigencias de esta tendencia:

- **Ajustarse a las necesidades y requerimientos de los consumidores**. La auténtica calidad supone, hoy más que nunca, que el producto o servicio esté totalmente concebido y desarrollado para satisfacer lo que el consumidor espera de él.
- **Organización y medios** de producción materiales (adecuados y suficientes) y humanos (motivados y formados), de manera que:
  - *Toda la organización esté comprometida con la calidad*, por lo que todas las personas y procesos que la integran deberán estar involucrados en obtener la calidad competitiva que el mercado les exige, comenzando por un compromiso firme de la alta dirección. Existen varios modelos de implantación de la calidad en la organización, siendo el modelo europeo *EFQM*, el más común en Europa.

– La *organización y sus procesos estén orientados al cliente* y sus necesidades, lo que podrá facilitarse en gran medida con una estructura organizativa plana y horizontal, es decir orientada a los procesos y basada en equipos de trabajo.

- **Minimización competitiva de costes y tiempo de entrega** del producto o servicio. Ello afectará a todas las fases de los procesos de obtención del mismo. Estas etapas conforman el proceso por medio del cual una empresa y su sistema productivo consigue obtener su producto o servicio, con la máxima calidad y eficiencia.

Este proceso, la implantación de un sistema de calidad que dé lugar a una producción con el máximo nivel de calidad y eficiencia simultáneamente, supone la superación con éxito de las siguientes fases:

Primero: *implantación de un sistema de calidad*

La calidad se fundamenta en un sistema desarrollado de acuerdo con los principios de la gestión de la calidad total (*TQM*), lo que normalmente se lleva a cabo basándose en un modelo de implantación. El más común en Europa es el modelo *EFQM (European Foundation for Quality Management)*.

La Figura 16.1 muestra los elementos (agentes y resultados) que intervienen en el modelo *EFQM*.

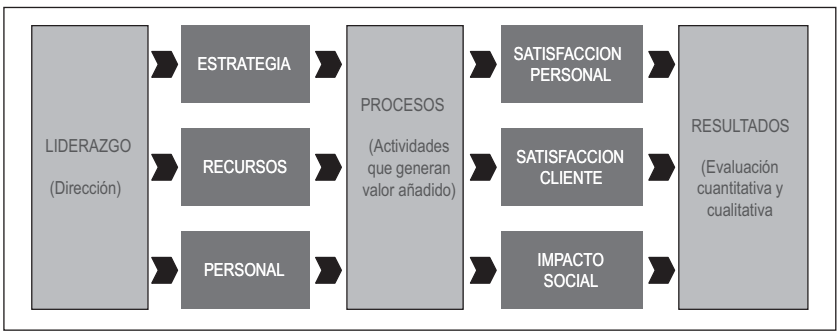


Figura 16.1. Modelo europeo EFQM de implantación de un sistema de calidad.

Veamos ahora el papel que tienen los agentes y resultados en este modelo:

Agentes:

Liderazgo:

El modelo se basa en la impulsión del sistema de calidad, desde la alta dirección de la empresa. La dirección debe estar involucrada y liderando la implantación, planificación, control y mejora.

El liderazgo exige a la empresa, además, la participación activa y proporcionando los recursos necesarios al sistema, utilizando ella misma y enseñando herramientas de la calidad y su mejora.

Además el liderazgo demanda no actuar nunca contra la cultura a implantar, ni en casos de urgencias o similares, lo que con frecuencia olvida la dirección de cualquier empresa.

Estrategia:

La estrategia del sistema de calidad se basará en la satisfacción de los clientes, del personal involucrado y del entorno.

A fin de establecer la estrategia más conveniente, se utilizará la información más adecuada basada en informaciones de clientes, empleados, competidores y también por medio de *benchmarking* (información acerca del estilo y procedimientos de gestión de las empresas modélicas).

Una vez establecida la estrategia deberá comunicarse a las personas involucradas y tratar de convencerlas de su conveniencia, a fin motivarlas para que la puesta en práctica de la misma sea un éxito.

Será asimismo muy importante hacer un seguimiento de la efectividad de las estrategias establecidas, en su puesta en práctica, a fin de conocer si son convenientes algunas correcciones.

Recursos:

Establecida la estrategia, se pondrán a contribución de la misma los recursos necesarios, humanos y materiales, que sean precisos para su cabal desarrollo, estableciéndose las actuaciones necesarias para optimizar su consumo y minimizar los costes.

Entre los recursos será conveniente tener en cuenta el impacto de las tecnologías emergentes en la calidad y el coste y aplicar aquellas que puedan resultar útiles para la eficiencia del sistema.

Personal:

Las personas forman una parte muy importante del modelo a implantar; será decisivo que se hallen motivadas, integradas y satisfechas con su participación.

Para que su integración sea completa, será muy importante la comunicación abierta en sentido descendente (la necesaria información al personal), pero también ascendente (que el personal encuentre accesibles a sus superiores para consultar y asesorarse).

Otro aspecto importante con relación al personal es la adecuada cobertura de aspectos como la selección, formación, creatividad, retribución, etc.

Finalmente y, de acuerdo con los principios de las organizaciones eficientes, mejorará la eficiencia del sistema si éste opera de acuerdo a equipos de trabajo (grupos de mejora y círculos de calidad).

Procesos:

Como ya hemos tenido ocasión de conocer sobradamente a lo largo de esta obra, el proceso es el elemento central de un sistema productivo y en su correcto diseño y desarrollo reside la eficiencia del sistema.

Entenderemos por *proceso* el conjunto de actividades relacionadas entre sí para la obtención de materiales, productos, servicios o información a partir de los recursos materiales y personales convenientes.

Una empresa es, en realidad, un conjunto de procesos interrelacionados cuyo objetivo es crear valor añadido. Por ello resulta de capital importancia identificar los procesos clave y asignar responsables.

La mejora de los procesos redundará en la mejora del sistema productivo y de calidad; para mejorar los procesos, pueden utilizarse las herramientas de la calidad diseñadas a tal fin: el ciclo de Deming, el *Benchmarking*, etc.

Resultados:

Por medio de los agentes, el modelo dará lugar al sistema de calidad, de acuerdo con el esquema mostrado en la Figura 16.1. De su puesta en funcionamiento se obtendrán resultados, todos ellos de la mayor importancia. El modelo europeo destaca los siguientes:

- *Satisfacción del personal*, que de esta manera podrá seguir colaborando al buen funcionamiento del modelo.
- *Satisfacción de los clientes*, que permitirá alcanzar el objetivo fundamental de un sistema de calidad, el cual por encima de todo debe estar orientado a satisfacer los requerimientos de los clientes, cosa que no solo hemos anticipado ya en este mismo capítulo, sino que ha sido una constante a lo largo de toda la obra.
- *Impacto social favorable*, ya que no puede concebirse una empresa con un desenvolvimiento correcto y un elevado nivel de calidad, con un impacto negativo en la sociedad afectada por su actividad, sea por cuestiones sociales, cuestiones relacionadas con la contaminación o cualesquiera otras.
- *Rendimiento y eficiencia empresarial*, que constituye lo que podríamos llamar el resultado «por excelencia», constituido básicamente por un beneficio económico y, en todo caso, otros objetivos empresariales a alcanzar, como podría ser un aumento de la cuota de mercado.

Segundo: *planificación, diseño y desarrollo de productos y procesos*

Los productos, procesos y medios de producción deberán planificarse basándose en la calidad asegurada y competitiva. Ello supondrá que los productos o servicios a obtener deberán concebirse, diseñarse y desarrollarse en relación a la máxima satisfacción de los consumidores y eligiendo los diseños y los procesos para su producción de forma que se obtenga la calidad deseada al mínimo coste.

Para lograr este objetivo han sido desarrolladas herramientas específicas, algunas de ellas muy recientes, herramientas que se denominan «del futuro» porque tratan de implantar la calidad antes de llevar a cabo la producción y por tanto en productos y servicios cuya producción se llevará a cabo en el futuro. La implantación de la calidad «a futuro» es uno de los caminos con mayor proyección para los próximos años, ya que se ha demostrado que permite obtener mejores resultados con un coste muy inferior.

La Figura 16.2 muestra las etapas por las que transcurre el desarrollo de productos y servicios y su producción, así como su posterior certificación.

Las etapas de la Figura 16.2 van desde la planificación y concepción del producto o servicio, pasando por el diseño y desarrollo del mismo y sus procesos y la ejecución de estos procesos hasta la obtención del producto conforme; este es el orden correcto de ejecución de las etapas, lo que está indicado en la parte superior de la figura con el rótulo: etapas de la implantación de la calidad en el producto y sus procesos.

Sin embargo, el desarrollo de las correspondientes técnicas de gestión y sus herramientas se ha llevado a cabo exactamente al revés: inicialmente (años cincuenta) se procedía a inspeccionar el producto una vez obtenido, como una acción de control de calidad; esto es lo que se hace precisamente en el último bloque del diagrama de la figura. A medida que se han ido desarrollando nuevos sistemas de gestión de la calidad y sus correspondientes técnicas, se ha ido avanzando en el citado diagrama, pero de final a principio, de forma que las técnicas de gestión y herramientas iniciales, las que figuran más a la izquierda son las más recientes; estas técnicas son las de la «calidad del futuro» según hemos comentado anteriormente, ya que tratan de introducir la calidad en la fase de concepción y diseño de productos y procesos, antes de que éstos se lleven a cabo. La citada Figura 16.2 indica también, cómo al recorrer los bloques en sentido inverso, se están encontrando los sistemas de gestión y técnicas de la calidad, en el orden en el que han sido desarrollados e implantados.

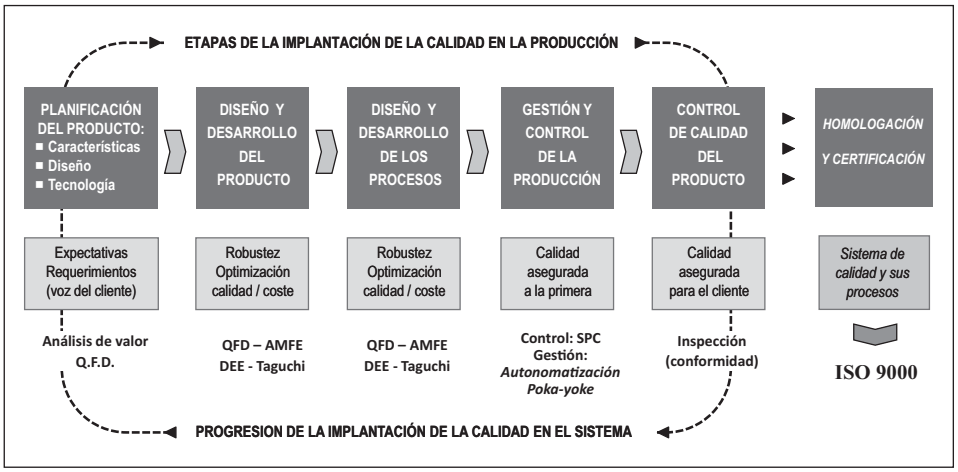


Figura 16.2. Etapas de la implantación de la calidad y sus técnicas.

Por medio de las etapas que componen la implantación de la calidad en las distintas fases de diseño, desarrollo y producción de los productos y servicios, se podrá obtener el producto objeto de la producción, con la calidad deseada, a bajo coste y con el mínimo tiempo, a partir de procesos que garanticen la calidad y competitividad. Las técnicas que componen el diagrama de la Figura 16.2, son:

- Fase de planificación de productos y servicios: *Despliegue Funcional de la Calidad (Quality Funtion Deployement QFD*, que permitirá planificar los productos y servicios a la medida de los requerimientos de los consumidores..
  Fase de diseño de productos y sus procesos: el mismo *QFD* y el *Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE)*, para asegurar que el diseño se halle libre de fallos potenciales. En esta fase podemos incluir las técnicas para llevar adelante el diseño optimizado de los productos: el *Diseño Estadístico de Experimentos (DEE)* y los *métodos de Taguchi*.
- Fase de realización de la producción: el *Control Estadístico de Procesos (SPC)* permitirá determinar el nivel de calidad que generan los procesos; si es insuficiente, se deberá mejorar; para ello técnicas como la *autonomatización o Jidoka* (para asegurar la calidad derivada del trabajo de las máquinas) y los mecanismos *poka yoke* (para la calidad del trabajo humano), conocidos por el lector a propósito de la exposición de las técnicas propias del *Just in Time*, permitirán la necesaria mejora de la calidad.
- Control de la Calidad del Producto, por inspección, etapa con la que se cerrará el ciclo de obtención del mismo.

Más adelante se expondrán, con mayor detalle, los principios en que se basan las diversas técnicas aquí presentadas.

Tercero: *implantación de los procesos con la calidad adecuada*

Los procesos de producción a partir de los cuales se obtendrán productos y servicios, adecuadamente concebidos y diseñados en la fase anterior, deberán implantarse tratando de alcanzar la máxima competitividad, con la calidad asegurada y con el mínimo coste y tiempo de producción.

Para ello será de gran importancia la aplicación de los principios de gestión de la *producción ajustada*, los cuales propugnan, como sabemos, llevar a cabo los procesos productivos de forma que se realicen con el mínimo de actividades posibles y con el mínimo consumo de recursos, es decir, solo los realmente indispensables; cualquier otro consumo se considera un «despilfarro». Según también sabemos, estos principios van imponiéndose cada vez más frente a los más tradicionales basados en la producción a gran escala (basados en obtener economías de escala). La ejecución de los procesos con la adecuada calidad y el mínimo consumo de cualquier recurso, supone, ante todo, obtener el producto correctamente, a la primera, lo que nos lleva a tratar de garantizar el buen funcionamiento de los procesos.

Así pues, trataremos de implantar los procesos de producción de forma que se ahorren el máximo de actividades no productivas (es decir, que «no añaden valor al producto») o *despilfarros,* en especial los consumos de recursos innecesarios, con lo que se ahorrarán costes y tiempos y se obtendrá la máxima calidad posible, pues la falta de calidad será uno de los despilfarros. En su momento ya fueron expuestos los siete despilfarros que pueden darse en los procesos productivos; una de estas siete categorías de despilfarro se refiere explícitamente a la calidad generada en los procesos y sus actividades. En efecto, como recordaremos, la falta de calidad, es por sí sola un *despilfarro* en los sistemas de producción ajustada. Los componentes o productos

con defectos son un despilfarro evidente, ya que deben reprocesarse o tirarse, lo que en ambos casos supone un coste adicional. Además, pueden dar lugar a desajustes en la programación: paros de líneas, esperas, etc., sin olvidar el coste en que se ha incurrido para detectar el fallo (el coste del control de calidad).

Para evitar defectos y por tanto fallos de calidad, no bastará con establecer controles que permitan conocer cuál es nuestro nivel de fallos. Deberá proveerse de una organización del proceso que evite la producción con posibilidad de fallos.

Cuarto: *aseguramiento, control y mejora de la calidad obtenida*

Si en la fase anterior nos hemos preocupado por llevar a cabo la implantación de la producción por medio de los sistemas más avanzados y competitivos, ahora hemos de tratar de que el desarrollo de los procesos productivos que tienen lugar a partir de esta implantación se lleve a cabo correctamente, de forma que la calidad resultante esté controlada, obteniendo realmente productos bien hechos «a la primera»; en definitiva, se tratará de asegurar productos aceptables en su nivel de calidad (a la primera), lo que redundará en una mejora de la competitividad: calidad (correcta), coste (de no tener que desechar o reprocesar) y tiempo (al obtener la aceptabilidad a la primera).

La ejecución del proceso se llevará a cabo de forma que se asegure que se obtendrá la calidad deseada y que los procesos estarán debidamente controlados, de forma que tendremos la garantía de un porcentaje muy elevado de productos correctos (lo que dará lugar al denominado «coeficiente de *capacidad*», del que nos ocuparemos debidamente). Las actuaciones que siguen nos aseguran el correcto desenvolvimiento de esta fase:

1) *Establecimiento de técnicas que garanticen la calidad de los procesos*
   El sistema de calidad basado en procesos debidamente establecidos para asegurar la calidad debe implantarse físicamente en forma de procesos de producción, para obtener el producto; estos procesos requerirán, a fin de que la calidad de los mismos esté debidamente asegurada, disponer de sistemas que la garanticen. Esto supondrá controlar las actividades de los elementos que intervienen en el proceso y sobre todo las máquinas y las personas.
   Por lo que hace referencia a las máquinas, los sistemas denominados de *autonomatización*, que significa automatización autocontrolada, suponen que las máquinas serán capaces de detener el proceso si están produciendo productos defectuosos, avisar a los supervisores e incluso, algunas, corregir el fallo y continuar. Una forma cada vez más corriente de autonomatización es el sistema de luces (*andon*) que equipan las máquinas actuales, que indican si funcionan correctamente (luz verde), si pueden tener problemas en breve (luz ámbar) o si están detenidas (luz roja); algunas dispone de luces de más colores, que sirven para informar de la causa de la detención.
   Finalmente, por cuanto se refiere a los fallos personales, los sistemas denominados *poka-yoke* están demostrando su efectividad, basada en sencillos dispositivos que impiden, físicamente, que un operario se equivoque aún queriendo: por ejemplo, para no introducir un eje en su alojamiento, por el lado contrario, un pequeño resalte puede impedirlo.

2) *Control de la calidad de los procesos y de su capacidad. SPC y diagramas*
Para terminar, la calidad fruto de los procesos, por muy asegurada que la tengamos, deberá ser controlada a fin de tener información fehaciente de que es así. La herramienta, en este caso, es el *Control Estadístico de Procesos (SPC)*, herramienta estadística que analiza y compara la variabilidad de las características de calidad de los productos y sus procesos, a la que ya hemos aludido anteriormente; esta variabilidad no deberá sobrepasar unos valores denominados *tolerancias*, y en la medida que ello sea así, el índice de capacidad será más elevado; este índice, al que también hemos hecho referencia, se determina con las herramientas del *SPC*.

Por otra parte, la variabilidad puede ser debida a causas concretas de actividades no efectuadas correctamente; deben identificarse y eliminarse estas causas, para lo que pueden utilizarse las denominadas «siete herramientas básicas» de la calidad, que también serán objeto de tratamiento en este capítulo. De no existir tales causas, la variabilidad puede ser debida a causas aleatorias, las cuales no se pueden eliminar, aunque su incidencia puede reducirse. Los *gráficos de control*, la herramienta por excelencia del *SPC*, permitirá ir controlando el proceso y su variabilidad y si ésta se debe exclusivamente a causas aleatorias. Con ello estaremos en disposición de controlar la bondad del proceso y, a partir de las tolerancias, la bondad del producto, cerrando así el ciclo de actividades de gestión que permiten tener implantado un sistema de calidad asegurado y competitivo con herramientas que serán muy corrientes en un próximo futuro.

Por otra parte, si se ha partido de un sistema de calidad debidamente estructurado (fase 1), implantando correctamente los procesos adecuados (fase 2), se dispondrá de la base necesaria para que los procesos se desarrollen correctamente; ello puede, además, ser objeto de la oportuna certificación para que también conste frente a terceros, por medio de normas tales como las *ISO-9000*. Además, es práctica común que los sistemas de calidad y sus procesos se sometan a *auditorías de calidad*, a fin de comprobar su bondad, auditorías que también son necesarias para obtener la certificación.

Queda un último aspecto, con el que cerraremos este conjunto de fases de implantación de un sistema de calidad, habiendo considerado todos los aspectos que pueden contribuir a alcanzar el máximo nivel de calidad, realmente eficiente y competitiva: nos queda la mejora. Efectivamente, nunca se alcanza la perfección en un sistema de calidad y siempre es posible una mejora; en este sentido la denominada *mejora continua* y la filosofía *kaizen* desarrollada en el Japón en este mismo sentido, son las herramientas adecuadas; el *Ciclo PDCA*, del que también nos ocuparemos, puede ser la técnica básica a aplicar.

16.4. IMPLANTACIÓN DE LA CALIDAD. ASPECTOS DETERMINANTES

En la gestión orientada hacia la calidad, es el propio cliente quien determina el nivel de calidad que precisa para satisfacer plenamente sus necesidades. No obstante, se puede enfocar la calidad desde diferentes puntos de vista, tal y como se indica en la Figura 16.3. Son los siguientes:

- *Calidad del cliente o concertada*: representa la calidad que desea el cliente para satisfacer sus necesidades y está relacionada con las diferentes características que aportan calidad al producto.
- *Calidad de diseño o planificada*: es la calidad que la empresa diseña, planifica y quiere llegar a producir para responder a las necesidades del cliente. Es la calidad prevista.
- *Calidad de producción o realizada*: tiene que ver con el grado de cumplimiento de las características de calidad de un producto o servicio y de las especificaciones de diseño. Es la calidad resultante del proceso de producción.

La gestión de la calidad tiene como objetivo básico conseguir plenamente la calidad necesaria especificada por los clientes. Para ello, cada una de las tres calidades que acabamos de especificar se representa en la Figura 16.3 por un círculo, siendo el objetivo que los tres círculos lleguen a coincidir. En las zonas en que no sea así, la calidad de diseño, la de producción y la que desea el cliente no coincidirán.

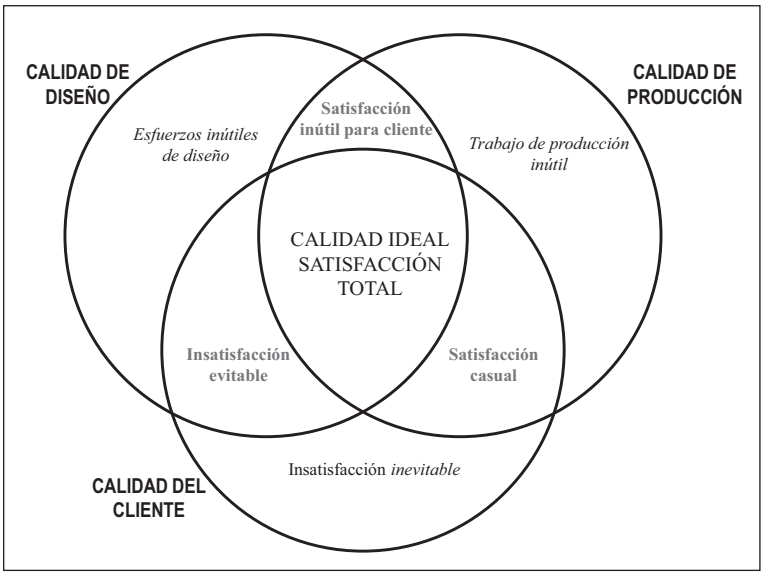


Figura 16.3. Diagrama de las tres calidades.

16.5. COSTES DE LA CALIDAD Y DE LA NO CALIDAD

La consideración de los aspectos relacionados con la calidad de los procesos de cualquier tipo implica admitir la existencia de unos costes, clasificados en *costes de calidad* y *costes de no calidad*. Los primeros son los derivados de la obtención de la calidad exigida, los segundos son los que deben soportarse por la falta o ausencia de la misma. Basándonos en la clasificación de J.M. Juran, los costes de calidad se dividen en *costes de evaluación* (que habitualmente no superan el 5% del total) y *costes*

de prevención (habitualmente del 10 al 50%). Por otra parte, los costes de no calidad se distinguen entre *costes internos* (del 20 a 40%) y *costes externos* (25 a 40%).

Los costes de prevención representan un porcentaje pequeño, pero consiguen un incremento de la calidad que a su vez provoca una reducción de los costes de evaluación. Indirectamente también los costes de no calidad se reducen.

El objeto de una gestión orientada hacia la calidad es la obtención de beneficios derivados de la calidad y no ha de basarse en una estrategia de costes. Aun así, se puede controlar y cuantificar la evolución de costes para sacar una serie de conclusiones. En la Figura 16.4 se puede apreciar que existe una zona óptima en la que los costes globales son mínimos para un determinado nivel de calidad.

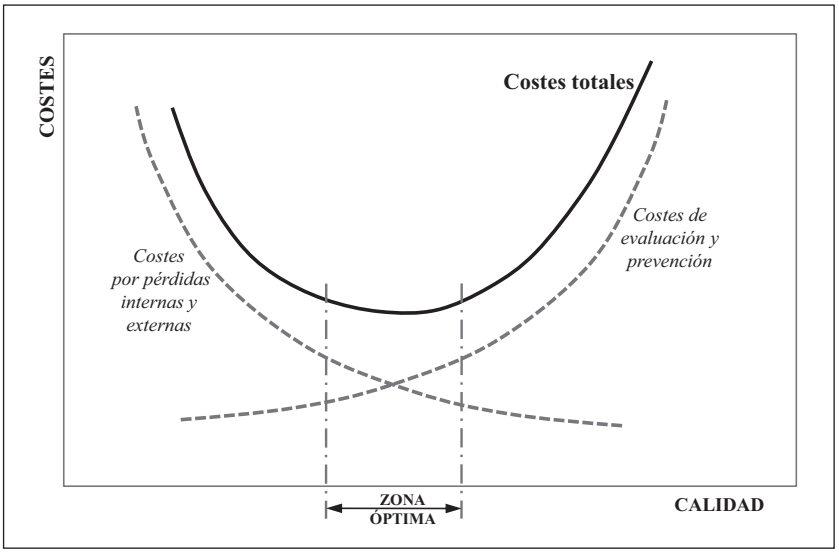


Figura 16.4. Zona de optimización de los costes globales derivados de la calidad.

Veamos algunos aspectos de interés de cada tipo de coste relacionado con la calidad:

- **Costes de prevención**
  Son los que resultan de evitar o reducir errores de la calidad. Abarcan una gran variedad de aspectos posibles, los más significativos son:
  - Costes del departamento de calidad y sus funciones preventivas: formación, consultores externos, etc.
  - Mantenimiento preventivo: personal, amortizaciones.
  - Ingeniería y revisión del diseño del producto o servicio.
  - Costes de los equipos de control y herramientas como útiles, calibres de medición, etc.
  - Revisión, orientación y evaluación de proveedores.
  - Otros costes de tipo administrativo, de gestión, financieros, de estudios de mercado, etc.

- **Costes de evaluación**
  La evaluación o valoración no crea calidad por sí misma, sino que se limita a permitir el paso de los productos o servicios que cumplen con las tolerancias o especificaciones. La evaluación es cara y costosa. Algunos de los costes de evaluación son:

  – Auditorías de calidad para medir la conformidad de todas las funciones bajo unos criterios establecidos.
  – Costes de inspección en recepción, fabricación y producto final.
  – Homologaciones y certificaciones.
  – Estudios y ensayos de fiabilidad y metrología, reajuste de equipos, prueba de prototipos, etc.

- **Costes internos de calidad**
  Se deben a los fallos y errores que se producen a nivel interno de la empresa o compañía. Comparados con los costes externos, éstos representan un coste menor dentro de los costes de no calidad, al no trascender al exterior y no alcanzar a los clientes. Es esencial detectar los fallos y defectos a nivel interno para que éstos no afecten al cliente y representen un coste mayor.
  Algunos costes o pérdidas internas son los siguientes:

  – Acciones correctivas de producto desechado o reprocesado.
  – Pérdidas de tiempo y subactividad por paro de la producción.
  – Recuperaciones del material defectuoso proporcionado por los proveedores.
  – Desmotivación de los operarios y personal diverso.
  – Escaso aprovechamiento de los recursos: *stocks*, plantas de producción, personal, etc.

- **Costes externos de calidad**
  Son los costes originados una vez el producto o servicio trasciende al consumidor. Los fallos o defectos que no se han detectado antes de que lleguen a los clientes dan lugar a este tipo de costes, que son difíciles de evaluar y de una trascendencia realmente importante para las empresas. Algunos de estos costes son:

  – Costes del servicio posventa.
  – Pérdida de imagen de calidad y, a nivel general, pérdida de imagen de la empresa.
  – Reparaciones y sustituciones en garantía.

16.6. MEJORAS RESULTANTES DE LA IMPLANTACIÓN DEL *TQM*. LA MEJORA CONTINUA

Entre las mejoras que se derivarán de la introducción de la gestión de la calidad total en su auténtica dimensión, destacaremos:

- *Incremento del nivel de calidad:* se consigue asegurar la calidad en el origen. Aumenta la fiabilidad y la satisfacción total de los clientes.

- *Disminución de costes:* la idea de «hacer las cosas bien a la primera» contribuye de manera importante en este sentido. La reducción de costes afecta a los costes de no calidad y a los costes de calidad debidos a la evaluación. Los únicos costes que aumentan, pero de forma rentable, son los costes de calidad empleados en la prevención de fallos y defectos.
- *Mejora de la productividad*, entendiendo como tal el aumento de la producción obtenida por unidad de tiempo, pero referida a productos con un nivel de calidad aceptable.
- *Las relaciones a nivel humano mejoran:* se favorece la comunicación interdepartamental y el entendimiento. La motivación de los recursos humanos crece por las responsabilidades otorgadas, la implicación activa de la dirección, el aumento de la productividad y calidad, la mejora continua de la organización, etc.
- *La organización se vuelve más efectiva y ágil*, fruto de la «cultura de la calidad», extendida a lo largo y ancho de toda la organización

La mejora continua es uno de los pilares fundamentales sobre los que se asienta la calidad total. Procede del término japonés *kaizen* que quiere decir «hacer pequeñas cosas mejor». La Figura 16.5 muestra la comparación entre las mejoras genéricas y la mejora continua.

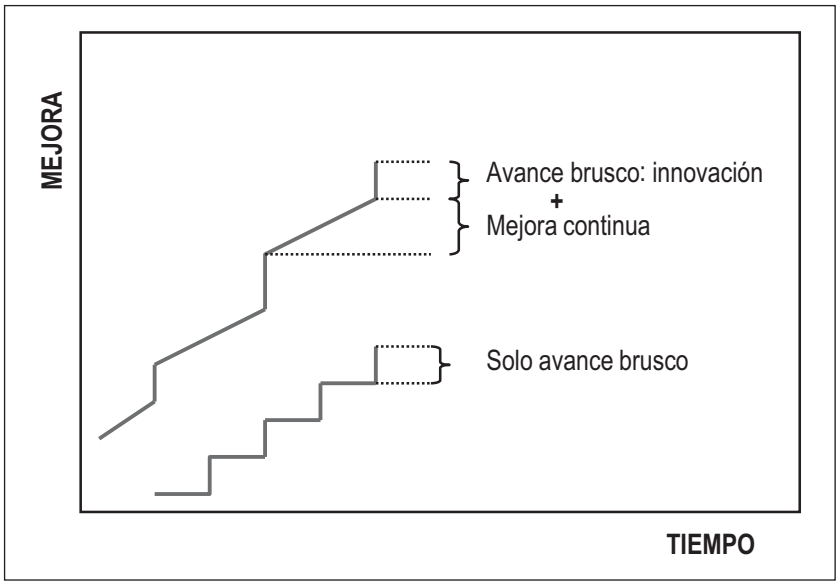


Figura 16.5. Mejora genérica y mejora continua.

La mejora genérica presenta dos niveles posibles de avance: avance brusco y avance continuo. El avance brusco se producirá como consecuencia de la innovación tecnológica, las inversiones en I+D, etc.; el avance o *mejora continua*, constituye la mejora lenta, pero constante, del entorno que nos rodea, del ambiente, del puesto de trabajo y el logro de pequeñas mejoras en procesos, departamentos, personas, etc.

Esta mejora continua se persigue mediante los «círculos de calidad», que veremos más adelante, en busca de la resolución de los problemas propios de las operaciones y sus actividades, por parte de los mismos operarios de los procesos.

La mejora continua se puede plantear y gestionar a través del *ciclo de Deming* o su versión mejorada el ciclo *PDCA*; además, pueden ser de gran ayuda las denominadas *siete herramientas básicas*, el *braimstorming* o «tormenta de ideas», las *siete nuevas herramientas de gestión* y el *control estadístico de procesos* (SPC: *Statistical Process Control*); de todas estas herramientas y técnicas, nos ocuparemos seguidamente.

16.7. EL CICLO DE *DEMING* Y EL CICLO *PDCA*

El ciclo de *Deming* o ciclo de mejora (Figura 16.6) actúa como guía para llevar a cabo la mejora continua y lograr de una forma sistemática y estructurada la resolución de problemas. Está constituido básicamente por cuatro actividades: *planificar, realizar, comprobar y actuar*. También se le conoce como ciclo *PDCA*, por sus siglas en inglés de *Plan, Do, Check y Act*, aunque habitualmente se aplica esta denominación a una versión más avanzada del mismo.

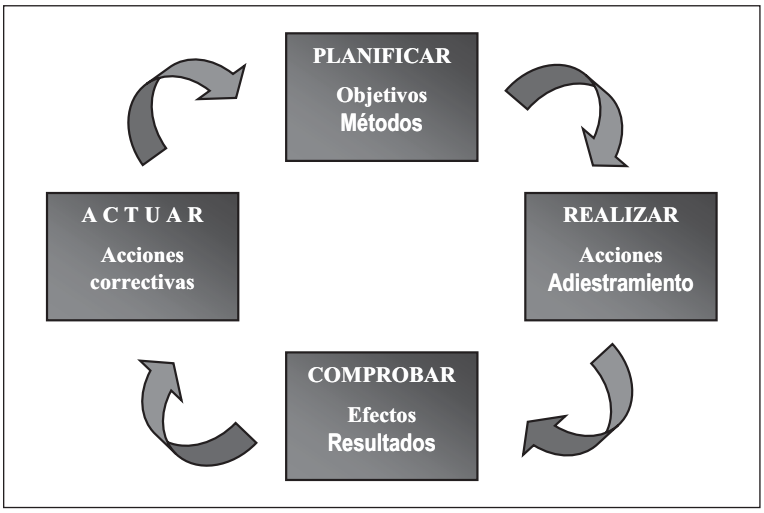


Figura 16.6. Ciclo de *Deming*.

El ciclo de *Deming* resulta de aplicar la lógica y hacer las cosas de forma ordenada y correcta. Su uso no se limita exclusivamente a la implantación de la mejora continua, sino que se puede utilizar, lógicamente, en una gran variedad de situaciones y actividades. De hecho, constituye la metodología básica de una gran cantidad de herramientas de la calidad.

En la actualidad se utiliza una versión más completa del ciclo de *Deming*, el ciclo *PDCA*, en el que cada una de estas cuatro fases, están constituidas a su vez por varias subetapas:

1. **Planificar:** a) Seleccionar la oportunidad de mejora.
   b) Registrar la situación de partida.
   c) Estudiar y elegir las acciones correctivas más adecuadas.
   d) Observar (a nivel de ensayo o simulación) el resultado.
2. **Realizar:** Llevar a cabo la acción correctora apropiada.
3. **Comprobar:** Diagnosticar a partir de los resultados. De no alcanzarse los resultados apetecidos, se regresará a la etapa uno.
4. **Actuar:** **a**) Confirmar y normalizar la acción de mejora.
   b) Emprender una nueva mejora (o abandonar).

16.8. LAS *SIETE HERRAMIENTAS BÁSICAS* DE LA CALIDAD

La implantación de la calidad y su mejora puede llevarse a cabo con la ayuda de las denominadas *siete herramientas básicas*, y otras siete, las denominadas *siete herramientas de gestión*. Estas herramientas se caracterizan por su fácil comprensión y sencilla aplicación. Otra característica importante de estas herramientas es la capacidad de integración entre sí, facilitada por su compatibilidad, lo que nos lleva a multiplicar los resultados. La utilización conjunta de las que creamos necesarias, dependiendo de los objetivos perseguidos, incrementa de forma notoria los beneficios de su aplicación.

La clasificación, usualmente aceptada, para las denominadas *siete herramientas básicas* es la siguiente:

1. *Diagrama de Pareto.*
2. *Diagrama Causa-Efecto o de Ishikawa.*
3. *Histograma.*
4. *Gráfico de Control.*
5. *Diagrama de Correlación o Dispersión.*
6. *Hoja de Recogida de Datos.*
7. *Estratificación de datos.*

Dentro de las herramientas de la calidad podemos distinguir las que se emplean en la fase de control (para determinar el nivel de calidad existente) y en la fase de análisis del proceso de producción (para determinar las causas de los fallos y mejorar). Especialmente importantes *en la fase de control* son los *gráficos de control*, que nos permiten supervisar el nivel de calidad existente en los procesos, con la ayuda de la *hoja de recogida de datos* con los que se construirán los gráficos y la *estratificación de datos*, para distinguir de qué forma actúan las posibles causas de fallos.

En la fase de análisis se procede a analizar las posibles causas de la insuficiencia de calidad que habrán manifestado los gráficos de control, a través del *diagrama de Ishikawa*, del *diagrama de Pareto* y de las herramientas que ofrecen información estadística complementaria, como el *histograma* y el *diagrama de correlación*. Una vez se han descubierto las causas del mal funcionamiento del proceso y se aplican las correcciones oportunas, volvemos a centrarnos en el control, cerrando así el ciclo que ha de repetirse mientras el proceso está en marcha.

A continuación se describen cada una de las herramientas básicas de la calidad por separado.

Diagrama causa-efecto

También conocido como diagrama de *Ishikawa* o diagrama de *espina de pez*, analiza de forma organizada y sistemática los factores, las causas y las causas de las causas, que inciden en la generación de un problema detectado a partir de sus efectos.

En este diagrama se dibujan flechas inclinadas (espinas principales) que inciden sobre una línea central que dirige el conjunto hacia el efecto a alcanzar (véase Figura 16.7). Las flechas inclinadas que están dirigidas a la línea central pueden representar los elementos que intervienen en el proceso analizado; uno de los diagramas más conocidos, en este sentido, es el de las denominadas las *6M*, en el que los elementos del sistema productivo comienzan por una M y son: mano de obra, materiales, métodos, medio ambiente, mantenimiento y maquinaria.

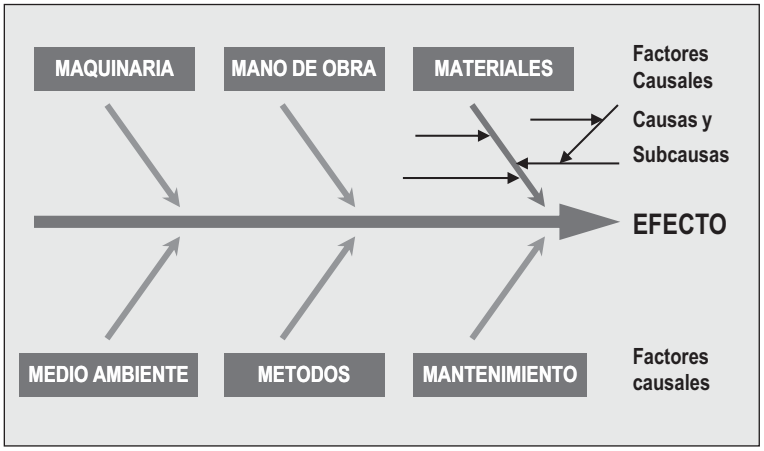


Figura 16.7. Diagrama de *Ishikawa*.

Esta herramienta es aconsejable que sea elaborada por un grupo de trabajo que facilite la aportación de ideas y datos de forma abundante y contrastada; de hecho, comenzó a utilizarse en los grupos denominados «círculos de calidad», desarrollados por el mismo *Kaoru Ishikawa*. Se pueden establecer una serie de fases para su realización: definir y determinar de forma clara el problema a resolver, identificar los factores más relevantes que influyen en dicho problema, determinar y analizar de una forma ordenada y estructurada las causas y las subcausas, evaluar si se han identificado todas las causas y, por último, realizar una toma de datos acerca de las diversas causas del problema.

Por tanto, el diagrama de *Ishikawa* ayuda a la identificación de las causas de un problema, lo que permite determinar su origen y llevar a cabo las acciones adecuadas para resolverlo de raíz. El hecho de ser una herramienta normalmente realizada por un grupo de trabajo fomenta el pensamiento creativo, prolífico y divergente, con un nivel común de comprensión del problema y una visión más contrastada de las causas.

Las flechas principales del diagrama (espinas principales), pueden representar en otras ocasiones, los elementos de que se compone el producto y también los puestos de trabajo del proceso.

Diagrama de Pareto

Esta herramienta ayuda en la toma de decisiones sobre qué causas hay que resolver prioritariamente para lograr una mayor efectividad en la resolución de problemas. Así, en el caso de haber identificado las causas de defectos por medio del diagrama de Ishikawa, pueden haber aparecido muchas posibles causas y ahora interesa concentrarse en las más relevantes.

La regla de este economista italiano consiste en considerar que aproximadamente el 80% de las consecuencias de un fenómeno (por ejemplo, los defectos de calidad), son debidas a unas pocas e importantes causas (alrededor del 20% de ellas).

Con objeto de seleccionar las causas más relevantes, se ordenan las mismas situándolas de mayor a menor incidencia (frecuencia o coste) a partir de la izquierda, tal como indica la Figura 16.8. También se representa una curva que establece, para cada causa, el porcentaje acumulado de fallos sobre el total, donde se aprecia en mayor o menor medida la regla anterior de *Pareto*.

El diagrama de *Pareto* pone de manifiesto la importancia relativa de las diferentes causas, y ayuda a decidir la línea de actuación frente a un problema. El uso continuado estos diagramas permitirá supervisar y verificar la eficacia de las soluciones para la resolución de los problemas.

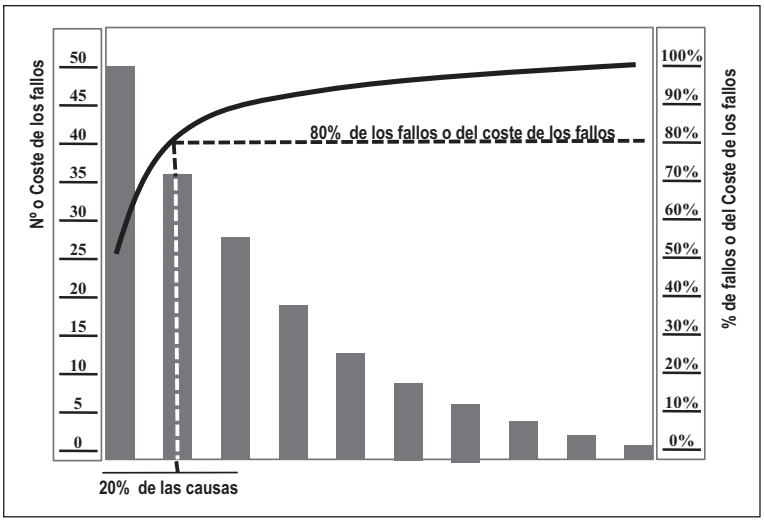


Figura 16.8. Diagrama de *Pareto.*

Histograma

Un *histograma* es un gráfico de barras que nos muestra la distribución estadística que presentan los datos. En el eje horizontal se representa el rango (valor máximo–valor mínimo) posible de valores que abarca la variable, dividido en un número determinado de intervalos, que dependerá del número de datos que tenemos de la

variable. En el eje vertical se representa la frecuencia o número de datos que existen en cada intervalo. La Figura 16.9 muestra un histograma típico.

Dependiendo de la distribución estadística de los datos o la variable estadística, pueden aparecer histogramas *gaussianos*, exponenciales, etc., lo que facilitaría su análisis por ser distribuciones muy conocidas.

Los histogramas son muy útiles para controlar la efectividad de los cambios introducidos, comparando la evolución temporal y comprobando que se verifican las especificaciones de los límites establecidos. Mostrar la distribución permitirá hacer los cambios necesarios para modificarla, centrarla si no se ajusta a lo que se desea, o realizar un control periódico sobre la misma.

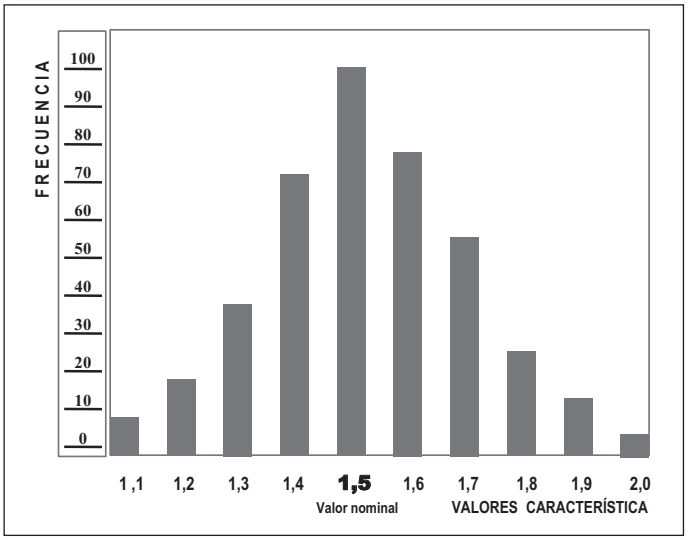


Figura 16.9. Histograma.

Diagrama de dispersión

La idea principal que persiguen los *diagramas de dispersión*, también conocidos como diagramas de *correlación o bivariantes*, es poner de manifiesto la relación que pueda existir entre dos características de calidad (variables por medición de las cuales se determina la calidad), en función de los valores medidos, al variar ambas en una determinada situación.

Para realizar este diagrama se utiliza un gráfico de ejes cartesianos. En cada uno de los ejes se representa una de las variables. Para cada par de valores que puedan ir tomando las variables se irán estableciendo puntos en el plano, lo que permitirá apreciar la evolución de una variable sobre otra, obteniéndose una nube de puntos (Figura 16.10). Mediante el análisis de dicha nube de puntos se puede discernir si existe o no correlación, y de que tipo es (positiva o negativa).

Si la nube de puntos se ajusta a una recta con pendiente positiva, es decir, que si aumenta una variable aumenta la otra, se dice que existe *correlación positiva*. Si en cambio, al aumentar una variable la otra disminuye (recta de pendiente negativa), se tiene una *correlación negativa*. Cuando en la nube de puntos no se observa ninguna relación, es decir, dicha nube está integrada por puntos que se hallan muy dispersos y no pueden ajustarse a una recta, *no hay correlación*.

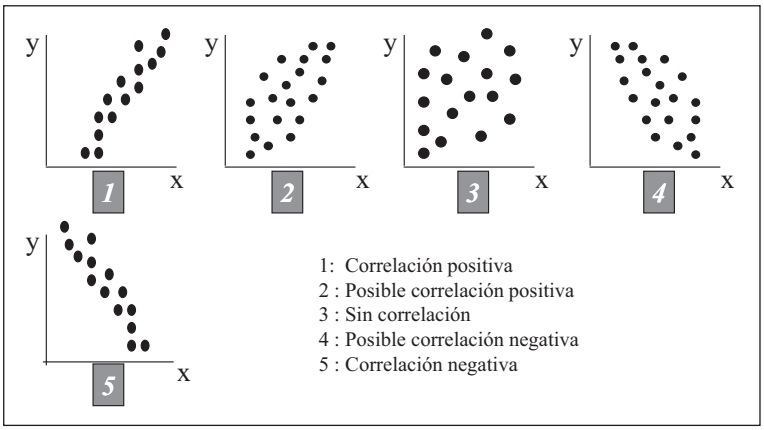


Figura 16.10. Diagrama de dispersión.

Hoja de recogida de datos

También conocida como *hoja de registro o verificación*. Como indica su nombre, su función consiste en la recopilación ordenada y estructurada de toda la información importante y útil que se genera en las actividades y procesos. Una de las fórmulas más utilizadas consiste en la plantilla o tabla predefinida, aunque existen muchos más formatos posibles (gráfica, numérica, por símbolos, etc.). En su elaboración hay que tener en cuenta que se debe recoger solo aquello que realmente interese y no recoger datos de forma indiscriminada que dificulten el proceso, provoquen pérdidas de tiempo y compliquen la visualización de la información útil.

Gráficos de control

Los *gráficos de control* se utilizan para analizar, supervisar y controlar la estabilidad de los procesos, mediante el seguimiento de las variables que participan. Es una herramienta básica para el *control estadístico de procesos* o *SPC*.

Un gráfico de control muestra los valores de una característica de calidad (en el eje de las ordenadas) para cada unidad observada (situadas en el eje de las abscisas, una tras otra). El origen de coordenadas se sitúa en el valor nominal de la característica de calidad, fijándose límites de control a los valores por arriba y por abajo. Los márgenes o bandas fuera de los límites de control servirán para tener controlada

la variabilidad del proceso. Más adelante, en este mismo capítulo, nos ocuparemos más extensamente de los gráficos de control. La Figura 16.11, muestra un gráfico de control típico.

Los gráficos de control se emplean en el *control estadístico de procesos* como herramienta para analizar la variabilidad de los procesos. Posteriormente se aplicarán las medidas correctivas y ajustes necesarios para mantener el proceso centrado y dentro de los límites de control.

Estratificación de datos

La estratificación de datos consiste básicamente en la clasificación y separación de los datos en grupos o categorías con el objeto de realizar un análisis más profundo y exacto de las causas, indagar sobre problemas o comprobar que las acciones correctivas y de mejora son eficientes.

Por sí sola no es una herramienta de mejora, pero es de inestimable ayuda en la elaboración de otras herramientas como el diagrama de *Pareto* o el diagrama de *dispersión*.

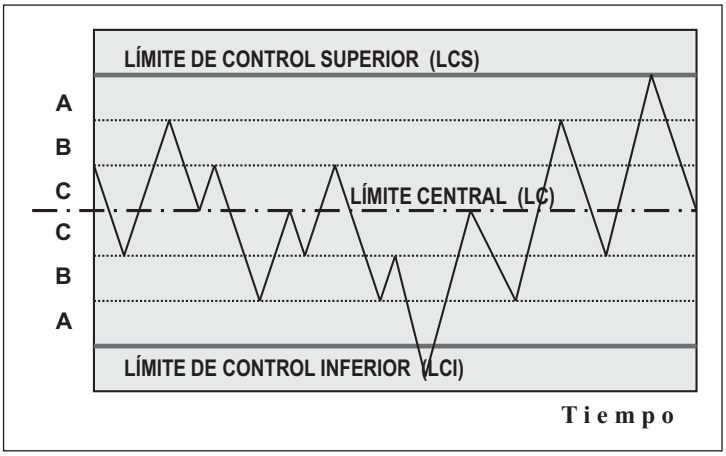


Figura 16.11. Gráfico de control.

Brainstroming

El *brainstorming* o «tormenta de ideas» es una técnica general que puede utilizarse como soporte de muchas herramientas de gestión, que persigue la generación de ideas por parte de un grupo de personas reunidas a tal efecto.

Su operativa consiste en reunir un grupo no excesivamente numeroso, de 6 a 8 personas, para que de una forma ordenada y sencilla, sin entrar en explicaciones, aporten ideas originales para la resolución de un problema. No existe rechazo de ninguna clase de las ideas, ni un debate crítico, simplemente se aportan ideas. Una vez superada esta fase, se analizarán las ideas originadas y se seleccionarán mediante un proceso de depuración aquellas más efectivas y viables para resolver la situación sometida a estudio.

16.9. LAS *SIETE HERRAMIENTAS DE GESTIÓN*

Estas herramientas forman un conjunto de ellas enfocadas a la gestión y constituyen la base de técnicas más potentes de la gestión de la calidad, como por ejemplo, el *QFD*. Están orientadas a niveles medio-altos de la escala organizativa y permiten una aplicación, adaptación y modificación bastante flexible. Se pueden emplear de forma independiente o integradas con las herramientas básicas. Las siete herramientas de gestión son, los diagramas de *afinidades*, de *relaciones*, de *árbol*, de *matriz*, de *análisis de matriz–datos*, de *proceso de decisión* (*PDPC*) y de *flujo*. Veamos someramente las características de cada una de estas herramientas.

Diagrama de afinidades

Consiste en la recogida de datos, ideas y opiniones sobre un problema, organizándolas en forma de grupos según criterios afines. Para cada grupo se definirá el aspecto común de gestión que lo caracteriza. Es aconsejable realizar previamente un *brainstorming* sobre el problema o situación.

El proceso de creación del diagrama comprende: definir los objetivos del estudio, generar y recopilar los datos correspondientes y organizarlos en grupos afines por desdoblamiento; así, por ejemplo, un grupo puede ser «aspectos económicos» y desdoblarse en «costes», «financiación», etc., y por ejemplo, los costes desdoblarse en «fabricación», «calidad», etc.

Diagrama de relaciones

Este diagrama determina de forma gráfica las relaciones lógicas existentes entre los diferentes datos e ideas recopilados en el diagrama anterior, de forma que se establezcan diversos niveles causales entre ellos. Supone la misma idea de fondo que el diagrama de causa-efecto o de *Ishikawa*, pero con libertad de formato.

Diagrama de árbol

Se emplea para ordenar de forma gráfica las distintas acciones o gestiones que se deben llevar a cabo para solventar la situación o problema sometido a estudio. Establece el flujo de acciones y métodos para la adecuada resolución del problema, las cuales, de acuerdo con éste, deberán seguir una(s) «ruta(s)» dada(s) por las «ramas» del árbol.

Diagrama de matriz

Mediante el uso de matrices, se definen las causas, efectos y soluciones de una situación o problema y se relacionan gráficamente entre sí. La Figura 16.12 muestra un diagrama de matriz y las relaciones mencionadas. Este diagrama permite relacionar las causas de cada efecto y las soluciones que se pondrán en práctica.

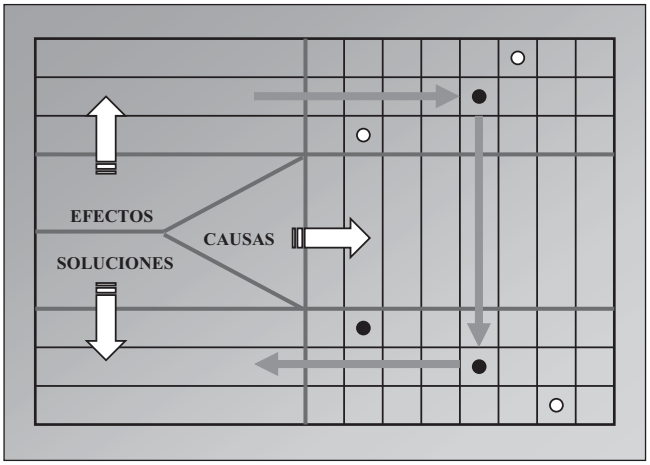


Figura 16.12. Diagrama de matriz.

Diagrama de análisis matriz - datos

Este diagrama analiza la información generada en el diagrama de matriz anterior. Estudia de forma individual cada dato, su importancia, así como las relaciones para dilucidar el grado de intensidad real que poseen. Tiene un carácter eminentemente numérico, utilizando técnicas estadísticas de «análisis multivariable».

Diagrama de proceso de decisión PDPC

El diagrama PDPC o *Process Decision Program Chart*, también conocido como diagrama de decisión, implementa las cadenas de *causa-efectos-soluciones*. Establece de forma gráfica el árbol de decisiones que se han de tomar. Si existen diferentes decisiones o situaciones con diferentes resultados, se establecerán las diferentes ramas para cada uno de los posibles casos.

Diagrama de flujo

Con una serie de símbolos predefinidos, trata de representar el flujo de actividades de los procesos, con sus relaciones y dependencias. Se utiliza principalmente en tareas de *benchmarking* (del que nos ocuparemos seguidamente), a fin de visualizar gráficamente cómo se llevan a cabo muy diferentes procesos y actividades de gestión, y decidir cuales son más eficientes.

El diagrama de flujo aporta un conocimiento bastante claro y global del proceso, identificando las actividades básicas, flujo de información y materiales, *inputs* y *outputs*, etc. Un ejemplo sencillo y común de diagrama de flujo es el representado en la Figura 16.13.

16.10. *BENCHMARKING*

La obtención de ventaja competitiva es el objetivo prioritario de las empresas y de la gestión de la calidad total. El *benchmarking* se sitúa dentro de la estrategia de la empresa encaminada a la *Gestión de la Calidad Total* con el objetivo de alcanzar la mayor ventaja competitiva posible y la excelencia como meta empresarial.

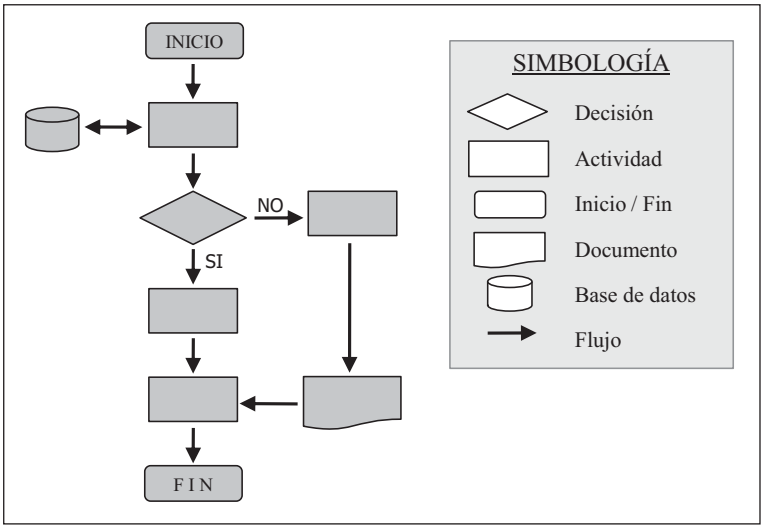


Figura 16.13. Diagrama de flujo.

El concepto de *benchmarking* proviene del término inglés *benchmark* que se puede definir como «marca utilizada como referencia», lo que supone fijar un estándar con el que poderse comparar. De esta forma el *benchmarking* constituye la comparación y aprendizaje respecto a las empresas líderes del sector, y que se consideran como ejemplo a seguir, alcanzar y superar.

Fue la compañía *Xerox Corporation* quien, en 1974, inició lo que se pasó a denominar «*benchmarking competitivo*» buscando la reducción de costes. En palabras de su director general, David T. Kearns, el benchmarking es «el proceso de medir productos, servicios y prácticas entre los competidores más duros o aquellas compañías reconocidas como líderes de la industria».

En el *benchmarking* se consideran dos aspectos básicos: las *prácticas* o formas de actuar, y la *medición*. Es necesaria la selección de las mejores prácticas para adoptarlas en nuestra empresa. Tanto las prácticas que utilizamos en nuestra empresa como las de las empresas líderes del mercado serán evaluadas a través de criterios adecuados de medición para analizar las diferencias existentes.

La filosofía del *benchmarking* se resume en cuatro aspectos clave, que son: *conocerse a sí mismo, conocer a la competencia, aplicar lo aprendido y alcanzar la excelencia y liderazgo.* El *benchmarking*, se puede clasificar en distintas clases dependiendo de cuál es el objetivo a analizar por el estudio. Así tendremos:

- *Benchmarking interno*: representa la idea de conocerse a sí mismo. Tiene como objetivo principal conocer los puntos fuertes y los puntos débiles de la empresa.
- *Benchmarking competitivo*: corresponde al aspecto de conocer a la competencia. Analiza a la misma, la compara con nuestra empresa y trata de averiguar cómo se pueden subsanar los puntos débiles mediante la observación de la forma en que lo consiguen los líderes del mercado.
- *Benchmarking funcional*: la comparación se realiza entre funciones y no entre empresas. Nuestra empresa tratará de analizar y solucionar las deficiencias de una función específica basándose en las compañías que destaquen en ese aspecto particular.
- *Benchmarking genérico*: se centrará más en los procesos de forma global, tratando de investigar todo tipo de prácticas, incluso aquellas que no son utilizadas por nuestra compañía y que podría interesar incorporar.

A continuación se describe una clasificación de las principales etapas del proceso de *benchmarking*, que se repite de forma continua en forma de ciclo. Dentro de cada una de las etapas existen diferentes pasos o fases de desarrollo:

a) *Planificación:* identificar el objetivo del análisis (proceso, producto, servicio, función, práctica, etc.), seleccionar las compañías mejores o líderes funcionales y recopilar según el método óptimo de recogida de datos, tanto de origen interno como de la competencia.
b) *Análisis:* determinar y evaluar la diferencia que existe con el líder de la competencia seleccionado y establecer las fases de evolución del modelo de nuestra empresa respecto a la competencia.
c) *Integración*: información a la dirección del resultado del análisis para decidir su aceptación y establecer los planes de acción y objetivos funcionales que se van a llevar a cabo y de qué forma.
d) *Acción:* desarrollar e implantar los planes de acción previstos, evaluar y controlar el grado de cumplimiento de las acciones que se han implantado y actualizar el *benchmarking* sobre el cual se realiza el estudio.

El *benchmarking* no acaba nunca, pues siempre hay algo que mejorar; cuando se ha alcanzado el liderazgo todavía deben buscarse nuevas prácticas que permitan mantener la posición de privilegio conseguida.

16.11. REINGENIERÍA

La *reingeniería* es una potente herramienta de mejora, aunque no esté específicamente considerada dentro de las herramientas de la calidad. Afecta a cambios en la organización, estructuras y procesos, que se producen de forma radical. La *reingeniería* se define como *la revisión total y el consecuente rediseño profundo de los procesos, para lograr mejoras espectaculares en aspectos importantes como los costes, calidad, servicio, tiempo, etc.* Conviene incidir en algunos aspectos relacionados con la definición anterior:

- **Revisión total:** se ha de cuestionar todo, de una forma profunda, abarcando todas las partes y aspectos del proceso.
- **Rediseño profundo:** con el rediseño no se pretende una simple mejora, modificación o pequeños cambios de incremento, sino un cambio drástico de estructuras y procesos.
- **Mejoras espectaculares:** se persiguen cambios importantes. En este sentido, será de gran ayuda la innovación tecnológica y la informatización de procesos.
- **Orientación** clara **hacia los procesos** con preferencia a la organización, personas u otras estructuras.

Algunos de los beneficios que se logran con la *reingeniería* son:

- Cambio positivo a procesos más eficientes.
- Comportamiento activo de las personas, que aportan ideas y opiniones, implicándose en la evolución y mejora de los procesos.
- Cambio a procesos que precisen menos controles y verificaciones.
- Se logra la integración de trabajos, varias tareas se combinan en una sola. La *reingeniería* es contraria a la división del trabajo.
- Se obtiene una mejor organización del trabajo.

El proceso para llevar a cabo la *reingeniería* está integrado por una serie de fases básicas o generales, que se muestran el la Figura 16.14.

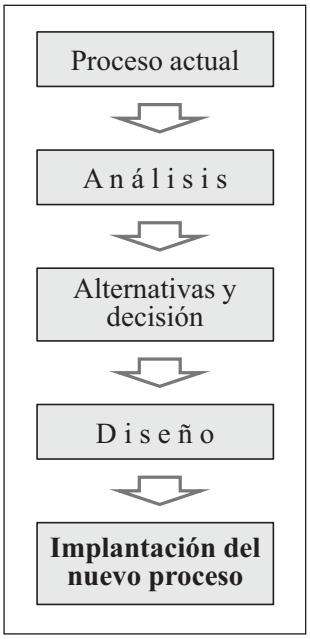


Figura 16.14. Fases de la reingeniería.

16.12. DISEÑO, DESARROLLO, IMPLANTACIÓN Y CONTROL DE PRODUCTOS Y PROCESOS PARA LA CALIDAD COMPETITIVA

Una vez han sido expuestos los conceptos y herramientas básicas de la gestión de la calidad y de la *calidad total* en particular, procederemos a exponer ya cómo se lleva a cabo el diseño, desarrollo, implantación y control de los productos o servicios y sus procesos, en sus diferentes etapas, exponiendo para cada una de ellas, los sistemas de gestión y las técnicas avanzadas que permitan optimizar la calidad y la eficiencia simultáneamente.

Las etapas que componen el diseño, desarrollo, implantación y control de productos y procesos, fueron enumeradas anteriormente, a propósito de la presentación de las mismas, todo ello en relación con la Figura 16.2, que contenía las etapas de la implantación que vamos a exponer ahora, junto a las técnicas correspondientes a cada una, que también ahora vamos a desarrollar.

La preocupación por incorporar la calidad ya desde el diseño de productos y procesos surgió en el Japón de los años setenta y se basaba en que es mucho más sencillo incorporar la calidad en esta etapa, que forzar su existencia en productos con diseños complicados y procesos excesivamente complejos.

Dependiendo del momento en el cual se introduzca la calidad en los procesos de diseño, desarrollo y ejecución de productos y sus sistemas de producción, el resultado, por lo que a relación calidad/coste se refiere, puede ser muy distinto. Existen, históricamente, tres enfoques de la gestión de la calidad dependiendo de su aplicación en el tiempo:

- *Calidad del pasado*: corresponde a la primera etapa en la que la calidad se reducía a la inspección del producto ya obtenido. Resulta una calidad de bajo nivel y alto coste. Se llama «del pasado» porque el control tiene lugar cuando ya se ha efectuado el proceso en el que pueden haberse generado defectos.
- *Calidad del presente*: corresponde a la etapa siguiente, en la que se actúa sobre el proceso para evitar defectos (es decir, se actúa cuando tiene lugar el proceso, «en el presente»). Se lleva a cabo con la aplicación del *control estadístico de procesos* (*SPC*). Resulta un nivel medio de calidad y costes.
- *Calidad del futuro*: corresponde a la etapa más avanzada, en la que se introduce la calidad ya desde el diseño de productos y procesos (antes de que se efectúen los procesos, por lo que se actúa para procesos «futuros»). Resulta un nivel elevado de calidad con costes bajos. A esta etapa corresponden las técnicas más avanzadas, algunas de las cuales vamos a desarrollar seguidamente. Se trata del ***Despliegue Funcional de Calidad (QFD)***, el ***Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE)***, y el ***Diseño Estadístico de Experimentos (DEE)***.

El diseño de productos y procesos en relación a la gestión de la calidad total, tratará de obtener diseños sencillos y robustos, en los que se optimicen y controlen los parámetros más adecuados y se consiga la máxima calidad al mínimo coste. Para conseguir los objetivos anteriores debe realizarse un plan global de planificación preventiva, en el que se aprecian las siguientes cuatro etapas:

- ***Planificación*** en la que aplicaremos sucesivamente:
  - *QFD* (Diseño de acuerdo a requerimientos del consumidor).
  - *AMFE* (Prevención de errores potenciales en el diseño y su corrección).
  - *Plan de Control Dimensional*, a partir del AMFE.

  Estas herramientas serán expuestas más adelante, en este mismo capítulo.

- ***Optimización*** en la que se materializará el diseño óptimo:
  - *Diseño de experimentos (DEE)*, para optimizar el diseño. Incluirá el diseño de parámetros y de tolerancias.
  - *Función de pérdida*, evaluación del diseño en cuanto a resultados para el consumidor y la sociedad (costes de no calidad, definida por *G. Taguchi*).

  Las herramientas de esta etapa de optimización no serán expuestas en este libro, por rebasar los objetivos del mismo; aconsejamos al lector interesado se dirija a la bibliografía especializada.[1]

- ***Control***, fase en la cual se procede al *control estadístico del proceso* (*SPC*).

16.13. DISEÑO, DESARROLLO, IMPLANTACIÓN Y CONTROL DE PRODUCTOS Y PROCESOS PARA LA CALIDAD COMPETITIVA: *DESPLIEGUE FUNCIONAL DE LA CALIDAD (QFD)*

Vamos pues a proceder a la exposición de las técnicas y sistemas de gestión para el diseño y desarrollo de productos y procesos y más concretamente, cómo pueden definirse éstos de acuerdo con los requerimientos de los consumidores del producto o servicio; en esto radica, en definitiva, la base de la calidad.

El proceso de desarrollo de un producto empieza, en efecto, por la consideración de las expectativas de los consumidores y concluye con la salida del producto acabado. Por tanto, en este proceso será fundamental traducir estas expectativas del consumidor en especificaciones del producto o servicio a diseñar y desarrollar.

El *despliegue funcional de la calidad* (*Quality Funtion Deployement QFD*) proporciona un método sistemático para desarrollar la calidad de diseño en relación a los requerimientos del consumidor, además de ser una herramienta adecuada para la comunicación entre la empresa y dicho consumidor.

Con el empleo de la metodología *QFD* podemos observar gran cantidad de beneficios, algunos de los cuales son:

- Conversión de requerimientos de calidad demandados en elementos mensurables de diseño e ingeniería.
- Permite aumentar el nivel de calidad y reducir de forma sensible los costes.
- Mejora la satisfacción del cliente.
- La planificación y el desarrollo están más ligadas a las expectativas.

[1] El autor de esta obra tiene publicada otra, con el título de "Gestión integral de la Calidad" (Editorial Profit), en la que se exponen detalladamente estas herramientas.

- Proporciona un sistema fiable de seguimiento del producto o servicio a través del proceso.
- Otorga mayor trasparencia a los procesos de desarrollo.

El *QFD* y su metodología pueden aplicarse en cuatro fases del proceso que llevará a la obtención del producto, desde su planificación y diseño hasta la planificación de la producción. Estas fases son la *planificación* del producto, el *despliegue* de componentes, la *planificación* del proceso y la *planificación* de la producción. En todas estas fases se aplicará básicamente la misma metodología que expondremos a continuación para la primera de ellas: la planificación del producto.

Para *planificar un producto o servicio* por medio de la *matriz* o *gráfico de calidad QFD*, de cuya construcción y utilización vamos a ocuparnos a continuación, tenemos que partir del *conocimiento del cliente y de la demanda* y, por otro lado, recoger las posibles *alternativas de diseño que permitan satisfacer esta demanda*, siempre teniendo en cuenta la estrategia de la empresa y sus propios recursos.

La planificación del producto se lleva a cabo por medio de las siguientes etapas:

- ***Etapa de despliegue de la calidad demandada («qués»)***

  La operativa del *QFD* comienza con la *recogida, análisis y tratamiento de las expectativas del consumidor*, siendo para ello preciso conocer a éste y su entorno. El resultado de la investigación debe materializarse en una lista que contenga las características que la demanda desea encontrar en el producto o servicio y el nivel de importancia que le otorgan a cada una (ponderación). Toda la información recogida debe agruparse en elementos de información afines entre sí, y detallarlos cada vez más hasta un último nivel en el cual el elemento de información sea claro y preciso, y sobre todo sea fiel a las expectativas del cliente.

  Así por ejemplo, algunas de las características del producto o *qués* para una vivienda unifamiliar, agrupados en categorías, tal y como acabamos de exponer, son:

Entorno:	Zona:	Comunicaciones
		Servicios
		Clima
	Exteriores:	Orientación
		Servicios comunitarios
Construcción:	Funcionalidad:	Número de habitaciones
		Salón - comedor (dimensiones)
		Jardín privado (forma y extensión)
	Economía:	Coste vivienda
		Financiación

  El segundo paso a llevar a cabo será la jerarquización de estos elementos de información (asignando unos valores numéricos a cada uno), basada en la importancia que da el cliente a sus propios requerimientos. A este valor le llamaremos *coeficiente de importancia relativa* o de *ponderación* de cada uno de los requerimientos o *qués*. Suele utilizarse una escala de 1 a 5 para este coeficiente.

- ***Etapa de diseños alternativos para la calidad** («cómos»)*

  En esta etapa se despliegan las *alternativas de diseño, válidas para alcanzar los requerimientos de los consumidores*, que puedan medirse cuando evaluemos la calidad. El punto de partida será la lista de las demandas de calidad obtenidas en la fase anterior (los *qués*), a los cuales se debe dar respuesta. Sabemos qué hacer, y debemos decidir cómo hacerlo, es decir, se trata de un proceso de traducción en el cual se obtenga para cada *qué* inicial, uno o más *cómos* operativos y manejables, y expresados en el lenguaje utilizado por la propia empresa. A su vez estos *cómos* también se pueden especificar agrupados por niveles y subniveles.
  Así por ejemplo y referidos al mismo caso anterior, de las viviendas, algunos de los *cómos* agrupados por niveles podrían ser:

Ubicación:	Solar:	Planes urbanísticos
		Localización
Prestaciones:	Proyecto:	Distribución y número de niveles
		Tipo buhardilla y tejado
	Construcción:	Exterior: obra vista u otros
		Tipo / calidad materiales
		Tipo / calidad equipamientos

  La representación en forma de listas de los *qués* y los *cómos* hacen el despliegue y su comprensión, complejo y difícil, por lo que se utilizan matrices que consiguen dar una mayor claridad y optimizar los esfuerzos; el *QFD* utiliza un sistema de *matrices* o *gráficos de calidad*.

- ***El «gráfico de calidad» y la matriz de relaciones***

  El *gráfico de calidad* es una herramienta práctica y completa para relacionar los requerimientos del consumidor o qués, con las alternativas de diseño previstas o cómos; de aquí se obtendrá la medida de los *cuántos* que permitirá *evaluar las relaciones entre ambos*, expresadas a través de la *matriz de relaciones*, elemento central del *gráfico de calidad*.
  Completar una matriz de relaciones es una operación compleja, donde interviene muy a menudo la experiencia, la intuición y la determinación.
  El flujo de informaciones en un gráfico de calidad, parte de los qués pasando por los cómos y llegando a los cuántos, todo a través de relaciones debidamente determinadas. Para ello se disponen los *qués* y los *cómos* como entradas de una matriz como la de la Figura 16.15, el llamado *gráfico de calidad QFD*, en la que los requerimientos del producto o servicio (*qués*) integran las entradas de las filas, junto a los coeficientes de importancia o ponderación de cada uno (evaluados de 1 a 5) y las alternativas de diseño (*cómos*) son las entradas de las columnas. Unas y otras están desglosadas en niveles y subniveles, tal y como las hemos definido anteriormente (en la Figura 16.15, QUE1, Q11, Q111, etc., son los *qués* y COMO1, C11, C111, etc. los *cómos*).
  La *matriz de relaciones* es el espacio en el cual se cruzan los *qués* y los *cómos*; es el elemento central del *gráfico de calidad* y expresa, por medio de símbolos

o números, el nivel de dependencia de cada una de las necesidades del cliente con cada una de las características o requerimientos de diseño del producto o servicio (véase de nuevo la Figura 16.15, en la que las relaciones se expresan en números). La simbología utilizada para expresar las relaciones es la que sigue, en la que a cada nivel de relación le hemos asociado un valor numérico:

△ Relación Débil (1)

○ Relación Media (3)

● Relación Fuerte (9)

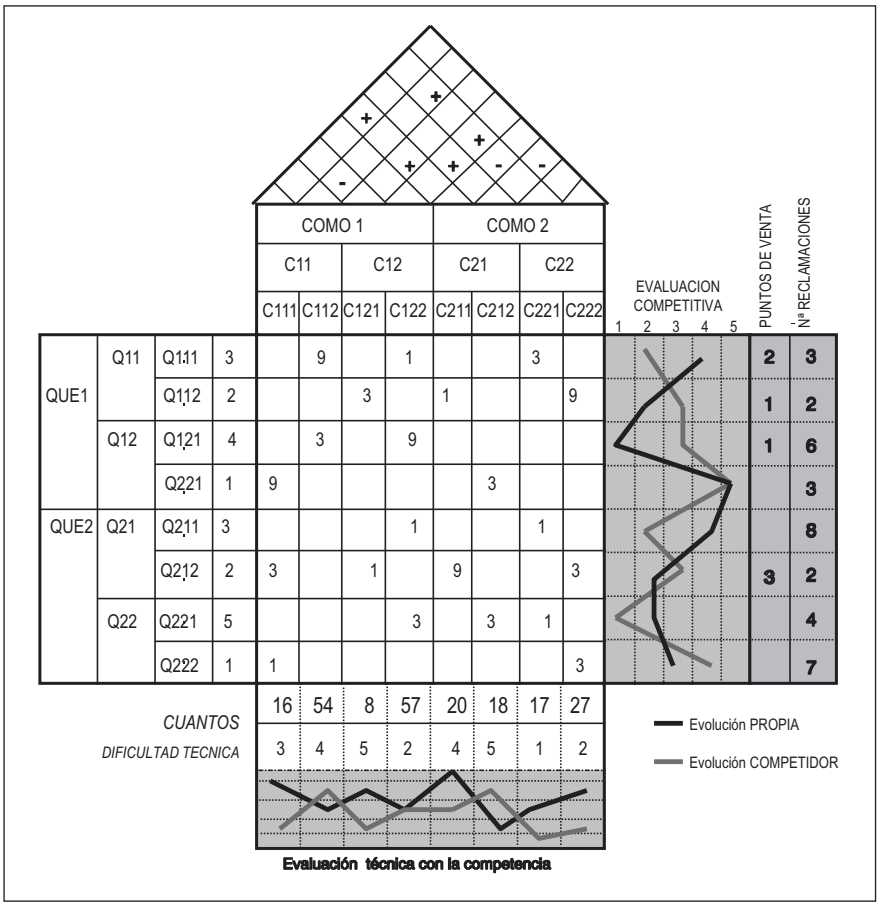


Figura 16.15. Matriz o gráfico de calidad QFD.

Todas las necesidades expresadas por la demanda han de tener un reflejo en algunos de los requerimientos de diseño.

Si alguna de las líneas de la matriz de relaciones está vacía, sin ningún símbolo de relación, el requerimiento expresado por los clientes en esa línea no se ha

tenido en cuenta, por lo que hay que resolver esa situación. Si se encuentra alguna columna vacía, la correspondiente característica del producto o servicio no influye sobre satisfacción alguna de las demandas del cliente y, por tanto, se puede anular.

A partir de la *matriz de relaciones*, determinaremos las magnitudes que denominamos *cuántos*, que permitirán evaluar las relaciones entre los *qués* y *cómos*; los *cuántos*, en efecto, reflejan dos características muy importantes: la importancia de los *qués* y las relaciones (y su nivel) que los *cómos* tienen con estos *qués*. De ahí la gran importancia de los *cuántos*. Para obtenerlos (véase de nuevo la Figura 16.15), se multiplican los valores de la importancia de cada *qué* (columna de números a la derecha de los tres niveles de *qués*) por los valores de la matriz de relaciones (correspondientes a los niveles de las relaciones entre *qués* y *cómos*). Luego se suman los resultados. El valor correspondiente, que es ya el *cuánto* lo hemos escrito en la primera fila bajo la matriz de relaciones.

Así por ejemplo, para el *cómo* C111, su *cuánto* correspondiente se obtiene de:

$$1 \times 9 + 2 \times 3 + 1 \times 1 = 16$$

Valor que figura en la fila de los *cuántos*, justo debajo de C111.

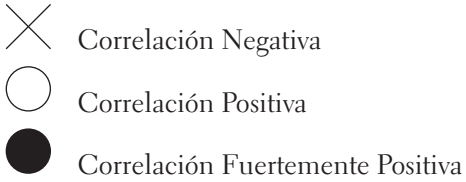
Otro aspecto a destacar del gráfico de calidad son las evaluaciones competitivas, expresadas por unas curvas que acompañan la *matriz de relaciones* de la Figura 16.15. Una de ellas, la curva de *evaluación competitiva* (que, como suele hacerse, en la figura la acompañamos de otra correspondiente a un competidor útil como referencia), tiene como objetivo la determinación del nivel que el mercado, nos otorga para cada uno de los *qués*. La otra curva, la de la *evaluación competitiva técnica* (en la figura acompañada, asimismo, por la de un competidor) tiene por objetivo la determinación del nivel que la empresa alcanza para cada uno de los *cómos*, esta vez según una evaluación propia.

Esta comparación permite a la empresa situar su producto, característica a característica, respecto al resto de los productos de la competencia, considerando los objetivos fijados. Gracias a ello, la empresa toma conciencia de cuáles son sus puntos débiles y cuáles son sus puntos fuertes, de forma que pueda adoptar así la estrategia adecuada para el plan de calidad.

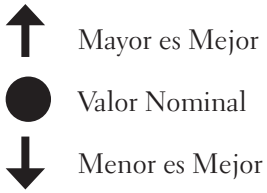
La *evaluación competitiva* constituye una visión externa de nuestro posicionamiento elaborada por la demanda; junto con el *índice de ponderación de la demanda* de cada uno de los *qués*, permitirá descubrir aspectos como las oportunidades de venta y promoción (importancia alta y buena posición respecto a la competencia), requerimientos que se deben desarrollar con prioridad (importancia alta y situación de retraso respecto a la competencia) y requerimientos que pueden proporcionar ventaja competitiva (importancia alta y valoraciones malas para la propia empresa y la competencia).

- ***Matriz de correlaciones***

Es una gráfica triangular (que configura el «tejado» de la «casa de la calidad», también contenido en el *gráfico de calidad* de la Figura 16.15) que relaciona todos los *cómos* entre sí, estableciendo la posible correlación existente entre ellos. Se utiliza una simbología determinada que puede ser:



Entre la matriz y las características del producto o servicio puede disponerse un subapartado que indique en qué sentido se da la optimización de cada uno de los *cómos*, mediante una determinada simbología:



Así por ejemplo, entre los *cómos* dados para el caso de las viviendas, la calidad de los materiales y de los equipamientos es del tipo mayor es mejor (es decir, cuanta más calidad, mejor), la localización debe responder a un valor nominal (debe ser una determinada) y el número de niveles distintos de la vivienda, cuanto menor sea, mejor.

Así pues, si una característica de diseño o *cómo* tiene una dificultad técnica elevada pero resulta de un peso muy grande para cubrir algunos *qués* importantes, puede acudirse a las correlaciones (mejor positivas) con otro(s) *cómo(s)* cuya dificultad sea menor, de forma que, que de manera indirecta, y de acuerdo con el grado de cumplimiento óptimo, influya en la satisfacción de la primera. Así pues, es aconsejable buscar las características que además influyan positivamente en otras importantes. Así por ejemplo, en el caso de las viviendas, una distribución y número de niveles dificultosa, puede «compensarse» con solares de mayores dimensiones.

Hay otras informaciones que pueden acompañar el gráfico de calidad, algunos de ellos, también relacionados expresamente en la Figura 16.15. Destacaremos:

- ***Dificultad técnica:*** mide el grado de complejidad técnica en el cumplimiento de los objetivos definidos sobre cada uno de los requerimientos de diseño del producto o servicio (valores de 1 a 5, de menor a mayor dificultad). La fila situada debajo de los *cuántos* en la matriz del *QFD* de la Figura 16.15, contiene los índices de *dificultad técnica* que hemos supuesto para el caso de la citada matriz.
- ***Reclamaciones:*** es el número de quejas que los clientes han efectuado sobre cada una de las expectativas no satisfechas. Con toda seguridad, tendrá una incidencia directa en la evaluación competitiva. El número de reclamaciones, para cada uno de los *qués*, se halla igualmente en una columna (a la derecha) en la Figura 16.15.

Diagnóstico a partir del *QFD*

El *QFD* debe servirnos para poder planificar los productos de forma que se ajusten a los requerimientos de los consumidores o *qués* (cuanto más importantes, más deberán ajustarse), con los *cómos* más adecuados, pero también los más asequibles para la empresa productora y todo ello sin conflictos causados por dificultades técnicas o posiciones competitivas inadecuadas. Para optimizar la planificación de los diseños que permite obtener el *QFD*, evitando los citados problemas, convendrá hacer un *diagnóstico* de la situación que refleja. Los aspectos más destacados que presenta el *QFD* para establecer un diagnóstico son:

- ***Qués* con ponderación elevada:** son requerimientos del consumidor importantes para el mismo. Lógicamente, interesa una evaluación competitiva elevada, y si ya lo es, **debemos mantenerla** a toda costa; si no, debe procederse a efectuar una **mejora urgente** que lo resuelva.
- ***Qués* con ponderación baja:** con evaluación competitiva elevada, se están llevando a cabo **esfuerzos en una dirección estéril**; si por el contrario, es baja, **no es necesario dedicarle esfuerzos.**
- ***Cuántos* con valoración elevada:** es un indicativo evidente de alternativas de diseño que recogen varios o muchos requerimientos del producto con ponderaciones altas. Interesa en este caso una evaluación competitiva técnica asimismo elevada.
- **Evaluaciones en conflicto:** puntos de la matriz de relaciones en que se encuentran evaluaciones competitivas y competitivas técnicas de valores contrapuestos (elevada una y baja la otra). Si la evaluación competitiva es baja se actuará de acuerdo con la importancia de los *qués*, tal como se ha expuesto en los dos primeros puntos del diagnóstico. Si la evaluación competitiva técnica es baja, se podrá utilizar la matriz de correlaciones, buscando las positivas, para mejorar de forma indirecta esa percepción.
- **Evaluaciones importantes a la baja:** cuando hay puntos en la matriz con relaciones fuertes y las evaluaciones competitivas y competitivas técnicas son bajas, la situación se debe resolver urgentemente.
- **Correlaciones:** se utilizarán para potenciar mutuamente los diseños, apoyando unos *cómos* en otros. Habrá que tener mucho cuidado con las correlaciones negativas, que dan lugar a decisiones críticas. Este tipo de correlación suele forzar a un compromiso o la modificación del diseño. Las correlaciones negativas entre dos *cómos* acarrean, en efecto, una complejidad derivada de que la mejora de uno de los *cómos* empeora el otro, lo que exige una solución de compromiso; así por ejemplo, en el ejemplo de la vivienda, una mejor localización empeoraría con toda seguridad, la forma y dimensiones del solar (dentro de unos costes que son *qués* con importancia elevada a cubrir).
- **Diagnóstico por áreas o «islas» de información especiales en la matriz de relaciones:**

  1. Áreas de la matriz muy densa (con muchos símbolos): son zonas con mucha información, es decir, con *qués* y *cómos* muy relacionados.
  2. Matriz completa muy densa: no es bueno que las relaciones se extiendan a gran parte de la matriz, ya que todos los *qués* y *cómos* estarán de alguna

manera relacionados y no se podrían extraer conclusiones. Más del 50% de la matriz con relaciones no es deseable y dificulta la priorización.

3. Gran cantidad de relaciones débiles: indica que hay un exceso de alternativas de diseño con efecto incierto, y que dificulta la obtención de conclusiones.
4. Filas de la matriz en blanco: requerimientos de producto que no son satisfechos por ninguna de las alternativas de diseño. Se debe corregir esta situación.
5. Columnas de la matriz en blanco: alternativas de diseño que no cubren ningún requerimiento del producto o son redundantes. Pueden eliminarse.
6. Dificultades para ponderar *qués o evaluar cómos*: Dificulta la ejecución del despliegue de forma correcta y debe por tanto tratar de superarse.

Actuaciones para canalizar el diseño por medio del despliegue

Una vez conocida la herramienta *QFD* y los aspectos del diagnóstico que permiten orientar su construcción, podemos establecer las conclusiones de dicho diagnóstico, a fin de optimizar la planificación de los diseños para la calidad que pretendemos obtener. A tal fin desarrollaremos los siguientes aspectos de actuaciones:

1. ***Puntos críticos***:
   - *Mejora imprescindible*: situaciones en las que la evaluación competitiva es baja o muy baja. Se elaborarán a partir de los *qués* que, teniendo una importancia elevada, supongan para la empresa una evaluación competitiva baja o muy baja.
   - *Oportunidad de mejora*: situaciones similares, pero con una evaluación competitiva no tan baja y en las que pueda superarse la competencia.
2. ***Puntos fuertes***:
   Deben aprovecharse y ser debidamente explotados. Se trata de la situación contraria a la anterior: *qués* con importancia elevada, para los que la evaluación competitiva sea asimismo elevada.
3. ***Plan de acción a seguir***:
   Con la información de los dos apartados anteriores, ahora nos centraremos en las alternativas de diseño, es decir, los *cómos*, con evaluación por relaciones (los *cuántos*) elevadas, pero que se corresponden con puntos bajos de la curva de evaluación competitiva técnica. Las alternativas seleccionadas se deberán tratar de mejorar, actuando sobre la mínima cantidad de ellas para lograr el máximo efecto de mejora.
   La actuación podrá llevarse a cabo empezando por los *cómos* que presentan *cuántos* más elevados; además, trataremos especialmente de afectar con la mejora las que hemos denominado «mejoras imprescindibles» y las «oportunidades de mejora» y aprovechando los *puntos fuertes* obtenidos anteriormente. Finalmente, y en la medida que sea posible, se utilizará la matriz de correlaciones como apoyo para la mejora.

Despliegue de componentes y planificación del proceso

Al proceso de clarificar las relaciones entre la calidad demandada por el producto final y las características de calidad necesarias para cada uno de los componentes, se le denomina despliegue de componentes. En esta etapa se parte de las características de calidad, sus especificaciones y objetivos (los *cómos*). Es decir, ahora los *cómos* pasarán a ser nuestros *qués*, y se volverán a desplegar las funciones de calidad en una nueva matriz *QFD*. Los nuevos *cómos* serán las especificaciones técnicas de los componentes (véase Figura 16.16).

Con ello, se vuelve a utilizar el proceso del despliegue que hemos expuesto, lo que constituye una característica interesante dentro de la metodología *QFD*. Hay que tener en cuenta también las reclamaciones que se hayan recogido referentes a cada componente, o bien del producto global (de productos actuales o similares), así como de las cuestiones relacionadas con la seguridad del producto. De este modo no solo se asegura la robustez del producto, sino que también se minimizan los puntos críticos de diseño.

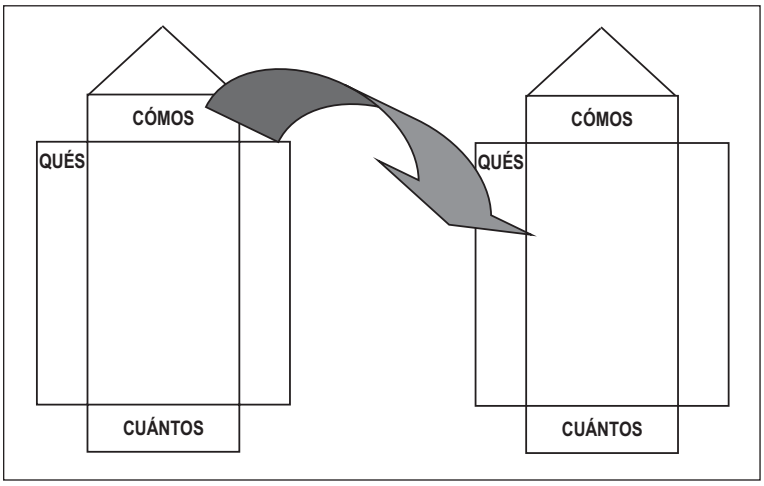


Figura 16.16. *QFD* de planificación de componentes a partir del de producto.

A partir de aquí, y aplicado ya el *QFD* para planificar y seleccionar todos los aspectos de diseño del producto, se podrá pasar a optimizar el mismo, por medio de los métodos y herramientas de calidad más adecuadas (*AMFE*, *DEE*, etc.).

Siguiendo con nuevos despliegues, de la misma manera que hemos podido evolucionar desde un *QFD* de producto al de componentes, podemos asimismo preparar un nuevo *QFD* para planificar el proceso a partir de los dos anteriores utilizando la misma técnica de traslado de características de diseño del último nivel del *QFD* (es decir, el correspondiente al despliegue de componentes) a entradas del correspondiente al proceso para cada componente. En este nuevo *QFD* los *qués* son las características de las piezas (*cómos* del despliegue de com-

ponentes) y los *cómos* son los procesos y operaciones para la fabricación de dichos componentes (de la misma forma que lo habíamos efectuado en la Figura 16.16).

La optimización del proceso, que se apoyará en métodos estadísticos de experimentos (DEE y Taguchi) y AMFE de procesos; y el mantenimiento y control, a través de SPC, cuyo objetivo es mantener el proceso dentro de control.

Finalmente, partiendo de los procedimientos y operaciones diseñados en la fase anterior, podemos obtener, por medio de un último despliegue, los medios y especificaciones adecuados a la producción, por el mismo procedimiento de trasladar las características de diseño del último nivel de *QFD* de procesos, a entradas del correspondiente a la planificación de la producción. Ello permitirá planificar todo del proceso, en el cual se incluirá las siguientes funciones:

1. Asegurar la conversión de los requerimientos transmitidos por el departamento de diseño de las fases anteriores, en elementos de control del proceso de producción.
2. Determinar la capacidad de proceso requerida, y llevarla a cabo.
3. Identificación de puntos críticos del proceso, con el objetivo de cero errores.
4. Aseguramiento de la calidad de producto y producción.

16.14. DISEÑO, DESARROLLO, IMPLANTACIÓN Y CONTROL DE PRODUCTOS Y PROCESOS PARA LA CALIDAD COMPETITIVA: *ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE).*

El *Análisis Modal de Fallos y Efectos* (*AMFE*) es una metodología que permite analizar la calidad, seguridad y/o fiabilidad del funcionamiento de un producto, proceso o sistema, tratando de identificar los fallos potenciales que presenta su diseño, y por tanto tratando de prevenir problemas futuros de calidad. Se trata, pues, de una herramienta de predicción y prevención, enmarcada dentro del proceso de diseño.

El *AMFE* también es aplicable a la mejora de productos ya existentes; o al proceso de fabricación, extendiéndose a cualquier tipo de proceso. En el primer caso hablaremos de *AMFE* de diseño, mientras que en el segundo caso se trata de *AMFE* de proceso.

En la Figura 16.17 se expresan las relaciones entre el *AMFE* y otras herramientas de la calidad, especialmente con el *QFD*, ya que el *AMFE* puede utilizarse para validar propuestas de diseño efectuadas por medio del *QFD*.

La elaboración de un *AMFE* es conveniente llevarla a cabo por medio de un equipo pluridisciplinar constituido por todos los departamentos involucrados en el diseño de un producto o proceso.

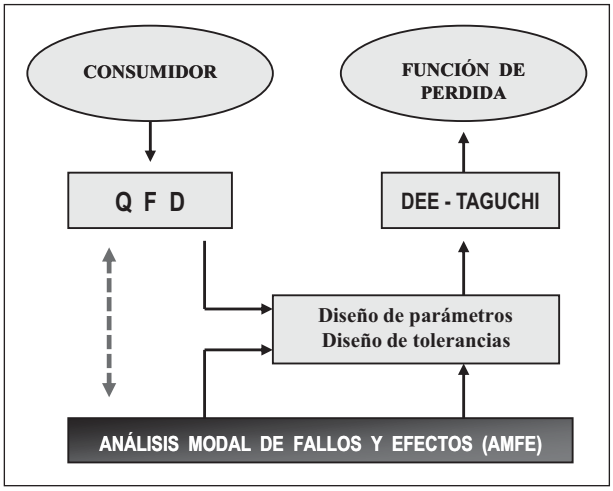


Figura 16.17. Relación entre el *AMFE* y otras herramientas de diseño para la calidad.

Partiremos de un modelo básico, mostrado en la en la Figura 16.18, el cual facilita mucho la realización de un *AMFE*. A partir del mismo vamos a ir exponiendo las etapas de que se compone la elaboración del *AMFE*.

Los elementos de la cabecera permiten identificar el objetivo y los procedimientos a seguir en el AMFE, así como el equipo que lo llevará a cabo.

ANALISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS

Producto/Componente/Proceso/Sistema: ..... Fecha: ..... Nº Revisión: .....
Equipo AMFE:..... Responsable revisión: .....

FUNCION O PROCESO	FALLO			Controles actuales	F	G	D	IPR	Acciones preventivas	Plazo	NUEVOS VALORES			
	Modo	Efecto	Causa								F	G	D	IPR

Figura 16.18. Formato para la realización de un *AMFE*.

Por lo que concierne al cuerpo del *AMFE*, éste contiene en primer lugar, una descripción breve de la función del producto, pieza, sistema o proceso a analizar.

Para dicha función o proceso, se analizarán los posibles *modos de fallo*, elementos fundamentales del estudio, que se definen como la *manera en que una pieza o sistema puede fallar potencialmente respecto a unas especificaciones dadas*. Se considera

fallo de un elemento cuando no cumple o satisface unas funciones para las cuales ha sido diseñado. *Una función puede tener ligada a ella varios modos de fallo*. Estos modos de fallo se expresan en términos físicos (por ejemplo, fatiga, vibraciones, agarrotamiento, corrosión, bloqueo, pandeo, desalineación, circuitos con fugas, etc.).

Los *efectos* de un fallo consecuencia del propio fallo, pueden identificarse de acuerdo con la percepción del usuario del producto. Puede haber varios efectos para un mismo modo de fallo.

Por último, el otro elemento determinante, verdadero objeto del estudio, son las *causas* de los fallos, las cuales son los desencadenantes de los modos de fallo que pueden ocurrir. Se deben relacionar todas las causas potenciales atribuibles a cada modo de fallo, que puede ser varias.

Así por ejemplo, un *modo de fallo* sobre el producto «bombilla eléctrica», puede ser que «se funda»; el *efecto*, evidentemente, es que dejará de iluminar, además de poder producirse otros efectos (que salte el interruptor diferencial de la instalación, que huela a quemado, que estalle la bombilla, etc.). La *causa* puede ser una sobretensión, aunque, tal como hemos dicho, también aquí puede haber varias causas (un golpe, un sobrecalentamiento por estar encerrada la bombilla en un globo, el número de horas de vida máxima de la bombilla ya sobrepasado, etc.).

Cuando son varias las causas, pueden ser independientes entre sí, pero frecuentemente existe dependencia entre ellas, y convendría encontrar la relación que liga esa dependencia. Esta relación de dependencia es difícil hallarla cuando el número de causas es elevado, y entonces podemos apoyarnos en herramientas estadísticas.

Otro punto importante del desarrollo de un *AMFE*, son los controles previstos o existentes (si se trata de un producto o proceso ya existente) sobre la función o proceso en cuestión. En este punto del documento se describirán los controles previstos para evitar que se produzcan los fallos. Los controles actuales son los que han sido diseñados en proyectos similares, y que deban servir a la prevención o detección de los modos o causas específicas de fallo. En un diseño completamente nuevo, puede suceder que los controles actuales sean muy limitados e incluso carecer de ellos, pero es recomendable usar controles generales que ya estén planificados, adaptándolos a las características de nuestro diseño.

Establecidos los controles, podemos pasar ya a la parte del *AMFE* en la que se cuantifican los modos de fallos y su importancia.

La cuantificación de la importancia de los modos de fallo se obtiene a partir de tres coeficientes (*F, G y D*), cuyo producto representará el índice final que permitirá calibrar el fallo, y que denominaremos *Índice de Prioridad de Riesgo* (*IPR*). Estos tres coeficientes son:

a) Coeficiente de frecuencia (F)

Se define como coeficiente de frecuencia a la probabilidad de ocurrencia de un modo de fallo. Se valora en una escala de valores 1 a 10, linealmente escalados sobre intervalos de probabilidad en una gráfica logarítmica. Esta probabilidad se calcula como la compuesta de dos sucesos: la probabilidad de que se dé la causa del fallo (P_a) y la probabilidad de que, una vez ocurrida la causa, se produzca el modo de fallo ($P_{a/b}$). Así pues, la probabilidad de que se produzca el modo de fallo (P_m) vendrá dada por el producto de ambas probabilidades:

$$P_m = P_a \times P_{a/b}$$

La acción de mejora que puede llevarse a cabo en el AMFE, con respecto al coeficiente de frecuencia, es reducir su valor, para lo que podemos llevar a cabo dos acciones:

1. **Cambiar el diseño**, de modo que se reduzca la probabilidad de aparición del fallo.
2. **Incrementar o mejorar los sistemas de control** para impedir que se produzca el fallo. Tal como propugnan los actuales sistemas de gestión, será mejor que no aparezca el fallo (hacer las cosas bien a la primera) que no detectarlo por control.

Para el *AMFE* de proceso el coeficiente de frecuencia se relaciona con la denominada *capacidad del proceso*, concepto que desarrollaremos cuando tratemos el control de procesos de producción, y que hace referencia al porcentaje de productos correctos que arrojará un proceso, es decir, la probabilidad de que un producto que se obtenga en dicho proceso tenga la calidad exigible.

b) ***Coeficiente de gravedad (G)***
El coeficiente de gravedad es una valoración del perjuicio ocasionado al usuario por, única y exclusivamente, el efecto del fallo. Este coeficiente también se clasifica en una escala del 1 a 10, pero en lugar de responder a unas probabilidades numéricas, como el de frecuencia, se relaciona con criterios de importancia del fallo, por sus consecuencias. La tabla de la Figura 16.19 muestra un ejemplo de esta clasificación y sus criterios en relación a tres aspectos determinantes en este sentido (la *insatisfacción* del cliente, la *degradación* de las prestaciones y el *coste* y *tiempo* de la reparación del perjuicio ocasionado).

G	FALLO	PERCEPCIÓN DEL CLIENTE
1	Menor	Sin consecuencias
2 3	Sin degradación de las prestaciones	Ligeras molestias
4 **5**	Con señal anticipada	Indispone
6 **7**	Degradación notable de las prestaciones	Descontento manifiesto
8	Con señal anticipada	Gran descontento y/o gastos reparación
9	Avería manifiesta	Gran descontento y/o gastos reparación
10	Sin señal anticipada	Problema de seguridad

Figura 16.19. Tabla de valores de gravedad y sus identificadores.

c) ***Coeficiente de detección (D)***
Este coeficiente se refiere a la probabilidad de que la causa y/o modo de fallo, suponiendo que aparezca, llegue al cliente. Para este índice, al igual que los anteriores, se utilizará una escala de 1 a 10, para ponderar esta probabilidad

mediante una tabla. Para reducir este índice de no – detección, podemos añadir o mejorar los sistemas de control de calidad y podemos modificar el diseño; ya sabemos que siempre es mejor esta última opción.

A partir de los tres coeficientes que hemos obtenido, se determina el índice ***IPR*** o ***Índice de Prioridad de Riesgo***, que se obtiene como el producto de los tres coeficientes que acabamos de ver y tiene como objetivo priorizar todos los fallos para llevar a cabo posibles acciones correctoras, de forma que se tengan en cuenta la probabilidad de que se produzca el fallo, su gravedad y la probabilidad de que no sea detectado, simultáneamente. El *IPR* se calcula realizando el producto:

IPR=FxGxD

El IPR estará escalado obviamente entre 1 y 1.000 y su valor es el resultado de la posibilidad de que existe un fallo, su gravedad y las dificultades para detectarlo, simultáneamente, que es lo que consideraremos importante. Para entendernos, fallos pueden darse y su importancia puede ser grave, pero si su nivel de ocurrencia o frecuencia es muy bajo, no deberán preocuparnos en un *AMFE*. Como ejemplo podemos citar un fallo en el sistema de gobierno de un avión: lo importante no es que no pueda darse (que siempre podrá ocurrir) ni su gravedad (que está ahí y es muy elevada), sino reducir al máximo la probabilidad de que ocurra.

Deberá hacerse un seguimiento del IPR y aplicar acciones correctivas, para reducir los IPR elevados (podemos fijarnos un límite). Para reflejar la evolución del *IPR* puede ser conveniente utilizar histogramas.

No todos los casos se analizan exclusivamente a la luz del *IPR*, es decir, de la combinación de los tres coeficientes. Los denominados *fallos críticos*, que son todos aquellos cuya gravedad es máxima (mayor que ocho) y para los cuales, tanto la frecuencia como la no-detección no sean muy bajos (recordar el caso del avión), es decir superiores a uno, se considerarán modos de fallos a abordar especialmente. En el documento básico se identificarán con un símbolo indicativo de valor crítico (∇).

Las acciones correctoras a aplicar se sitúan en las columnas correspondientes al documento *AMFE* de la Figura 16.18. En la columna correspondiente a las mejoras se describirán brevemente las acciones correctoras recomendadas, que deben ser identificadas específicamente. Para la elección de las acciones correctivas conviene proceder con las que siguen y en el orden mostrado:

1. Mejora o cambio en el *diseño* del componente o sistema.
2. Mejora o cambio en el *proceso*.
3. Incremento en el *control* y por tanto mejorar la detección.

Se sigue este orden persiguiendo el menor coste al introducir la calidad en las etapas iniciales de diseño, según venimos diciendo que es la tendencia actual. Se procurará que a un mismo nivel de calidad, es decir, a un mismo *IPR*, el coste de la acción recomendada sea más bajo, lo que llevará a priorizar el que tenga una *F* más elevada y no la *D*. Asimismo, es conveniente realizar una acción correctiva para todas aquellas causas cuyo *IPR* supere un determinado umbral (fallos críticos aparte), por ejemplo los que superen el valor 100, al mismo tiempo que se establecerá un plan para determinar las acciones recomendadas, el plazo de realización y los responsables del mismo.

Todas aquellas causas de fallo que no necesitan una acción correctiva se señalarán en la columna correspondiente con un símbolo indicativo (NR: no requiere acción correctiva). Teniendo en cuenta la priorización de acciones ya indicada se procederá a:

1. *Eliminar la causa* del fallo.
2. *Reducir la frecuencia* de fallo.
3. *Reducir la gravedad* de fallo, si tiene sentido hacerlo.
4. *Aumentar la probabilidad de detección*.

Una vez realizadas las acciones correctivas se volverá a determinar el *IPR* resultante. En el *AMFE* siempre se reflejan las últimas acciones implantadas y los índices de priorización actualizados. El *AMFE* es una herramienta viva y activa.

Tipos de AMFE

Se pueden establecer tres tipos de *AMFE* dependiendo de la actividad sobre la que se realiza. Cada uno de ellos presenta una serie de particularidades, pero básicamente el proceso de realización es el mismo. Vamos a describir brevemente cada uno de estos tres tipos de *AMFE*.

- ***AMFE* de diseño:** este *AMFE* está orientado hacia el producto o servicio nuevo, o bien cuando varíen las condiciones de utilización de uno dado (medioambientales o de cualquier otro tipo) o simplemente cuando se quiera realizar un rediseño de los mismos para su optimización. Con el *AMFE* de diseño se pueden detectar problemas de producción, que serán considerados como modos de fallo en el *AMFE* de proceso.
- ***AMFE* de proceso:** el *AMFE* de proceso es una consecuencia del *AMFE* de diseño, pero aplicado a la búsqueda de fallos y causas en el proceso de fabricación. Se debe realizar antes de poner en marcha el proceso en sí.
- ***AMFE* de medios:** el *AMFE* de medios es una herramienta esencial en el análisis y la prevención de fallos en los medios de producción (máquinas, utillajes, herramientas, motores, etc.) que se emplean para obtener el producto o servicio, asegurando una adecuada disponibilidad y mantenibilidad. Los problemas de fiabilidad de los diversos elementos o sistemas que integran los medios de producción se resuelven mediante la aplicación de este *AMFE*, a fin de que los mismos no lleguen a producirse cuando los medios de producción a que se refieren se hallen ya en funcionamiento en el sistema productivo. En este caso, podemos estar hablando de un cliente «interno», como sería el caso de aquellos medios cuyo correcto funcionamiento dependa del servicio de mantenimiento de una planta.

Más adelante, en el epígrafe dedicado a la calidad en los servicios, se desarrollará un caso de AMFE de mejora de un proceso, utilizando el documento cuyo original, vacío, ha sido mostrado en la Figura 16.18.

16.15. IMPLANTACIÓN Y CONTROL DE LA CALIDAD EN LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN. *CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS (SPC)*

Una vez hemos acometido la planificación y diseño de productos y procesos, tratando de optimizar la calidad, lo que incluirá asimismo la optimización del coste, estamos en disposición de abordar la *puesta en funcionamiento de los correspondientes procesos productivos, tratando de controlar la calidad* de la producción que se obtenga en ellos e imponiendo los sistemas de gestión que permitan asegurar el desarrollo de tales procesos de forma *que quede garantizada la calidad* exigida.

El concepto de calidad basado en la inspección del producto ya terminado dio paso a la calidad asegurada en el proceso, para lo que se utiliza el *control estadístico de los procesos*, cuya aplicación comenzó de la mano de Walter A. Shewhart y su uso se generalizó tras la segunda guerra mundial de la mano de Joseph M. Juran y sobre todo de Walter E. Deming.

Ya se ha dicho anteriormente, que la variabilidad es el origen de los problemas de calidad. Esta variabilidad se manifiesta sobre diversas magnitudes que pueden ser determinantes para alcanzar la calidad exigida, denominadas «características de calidad».

Pues bien, para que esta variabilidad no afecte a la calidad, deben establecerse unos límites de *tolerancia*. Así por ejemplo, recordando el ejemplo que hemos dado al presentar, por vez primera, el concepto de variabilidad, en una línea de producción de pilas eléctricas de 1,5 voltios, aceptaremos pilas cuya tensión sea igual o superior a 1,45 voltios (si este valor es el *límite de tolerancia inferior LTI*) y no supere 1,55 voltios (si coincide con el *límite de tolerancia superior LTS*).

La variabilidad resultante en los procesos de producción se origina en los los distintos elementos que intervienen en los mismos. Las causas de esta variabilidad pueden clasificarse en dos tipos:

- *Causas especiales:* actúan cuando la variación está provocada por *pocas causas*, con una aportación individual grande, formando grandes discontinuidades. También son llamadas causas *asignables*, son totalmente identificables y pueden eliminarse por completo.
- *Causas comunes o aleatorias:* en este caso, la variación es el resultado de la conjunción *aleatoria de muchas causas* que originan diferentes efectos, con una aportación individual normalmente pequeña, de aquí que sean conocidas también como causas *no asignables*. No es posible identificarlas una a una ni, por tanto, eliminarlas, aunque la variabilidad que generan puede reducirse.

Los procesos no tienen un patrón de comportamiento fijo, y por lo tanto, si no están sometidos a control, su estado natural es la inestabilidad. Mediante la aportación del *control estadístico de procesos SPC*, podremos *eliminar las causas especiales o asignables de variación*, alcanzando el nivel de «proceso en estado de control»; posteriormente, se tratará de *reducir y acotar la variabilidad debida a causas comunes o no asignables*, minimizando la dispersión.

Mientras existan causas asignables, las actividades de los procesos no se ejecutan correctamente, lo cual debe corregirse; por ello, la variabilidad producida por estas causas puede y debe eliminarse. La variabilidad remanente después de haber elimina-

do las causas especiales, no será debida a errores de procedimiento, pero puede resultar excesiva y superar los límites de tolerancia, en cuyo caso deberá tratar de reducirse.

La variabilidad derivada de la existencia de causas aleatorias determinará entonces la *capacidad* del sistema productivo, para mantener su variabilidad dentro de los límites de tolerancia. La herramienta por excelencia para mejorar la capacidad en relación a reducir la variabilidad, es el *diseño estadístico de experimentos*. Por lo que hace referencia al control de la variabilidad y sus causas, la herramienta que utilizaremos aquí es el *Control Estadístico de Procesos* (*SPC*).

El SPC permitirá abordar y resolver los dos problemas clave que se presentan en la implantación de los procesos: el *control* y la *mejora* de la calidad obtenida. Para ello se utiliza la herramienta de los *gráficos de control*, que básicamente tratan de representar la variabilidad de las características de calidad dentro de los límites correspondientes. Junto a éstos se utilizarán el resto de las denominadas *siete herramientas básicas* de la calidad, pues facilitan el estudio de las causas de los defectos.

Metodología del *SPC*

Para realizar el estudio estadístico de la información del proceso se utilizarán los *gráficos de control* que permiten visualizar, a través de unos diagramas lineales, la evolución de los valores de la característica de calidad a controlar, es decir, su variabilidad. La correcta interpretación de los gráficos ayudará en la detección de anomalías y en la determinación de las posibles causas de variabilidad y establecimiento de las mejoras pertinentes.

Pero para poder controlar la implantación de la calidad en los procesos, primero se deben establecer las *características de calidad* sobre las que se realizará un seguimiento a través de los *gráficos de control*. Estas características actuarán como sensores de grado de salud del proceso y se pueden clasificar en los tipos siguientes:

- ***Variables***: son características *medibles* y *cuantitativas*. Son muy adecuadas para la mejora de procesos. Si seguimos con el ejemplo de las pilas, la tensión eléctrica de las pilas y su valor alrededor de 1,5 voltios sería una característica de calidad de tipo variable.
- ***Atributos***: son características no medibles ni cuantificables. Solo tienen dos valores: *aceptable* o *defectuoso*. En nuestro ejemplo, un control de calidad sobre la pila recién fabricada para ver si funciona o si está, por ejemplo, cortocircuitada, sería un ejemplo de atributo.
- ***Número de defectos***: tipo de característica de calidad que resulta ser una variante de los atributos, consistente en medir la acumulación de defectos y decidir, en función de ello, la aceptabilidad del producto.

Para analizar la variabilidad de las *características de calidad*, se utilizan los *gráficos de distribución estadística*, en los cuales se sitúan en abscisas los valores de la citada característica (con el nominal objetivo en el origen, lo que, por poner un ejemplo, supondría situar 1,5 voltios en el origen, para el caso de las pilas); en el eje de las ordenadas, se dispondrá la cantidad de productos (por ejemplo, de pilas) cuya característica de calidad corresponde a cada abscisa, es decir, se dispondrá en ordenadas la *frecuencia* con que

aparece cada valor de la característica de calidad. La Figura 16.20 muestra varias curvas de distribución estadística, correspondientes al caso de las pilas. La curva A corresponde a una curva que no sigue patrón alguno, lo que significa que existen toda clase de causas de fallos de calidad (asignables y aleatorias); la curva B sería la que se daría cuando se hubieran eliminado todas las causas asignables (es decir, con el proceso en «estado de control»): se ajusta a un patrón, la función estadística *normal o de Gauss*, cuya curva se conoce popularmente como *campana de Gauss* y ello es así porque solo quedan causas aleatorias de variabilidad. Cuando la variabilidad derivada de estas causas disminuye, la distribución pasaría a ser la de la curva C, también *campana de Gauss*, pero menos abierta.

Los límites de tolerancia en la figura, simbolizados por dos líneas a puntos verticales, muestran claramente cómo una parte de las curvas de distribución quedan fuera de tales límites; la curva C, ajustada a una ley normal (proceso en estado de control) y más «cerrada» que ninguna, es la que menos valores fueran de los límites de tolerancia tiene; esto significa que se trata de un proceso cuya «capacidad» para generar productos aceptables, es mayor.

La capacidad de los procesos

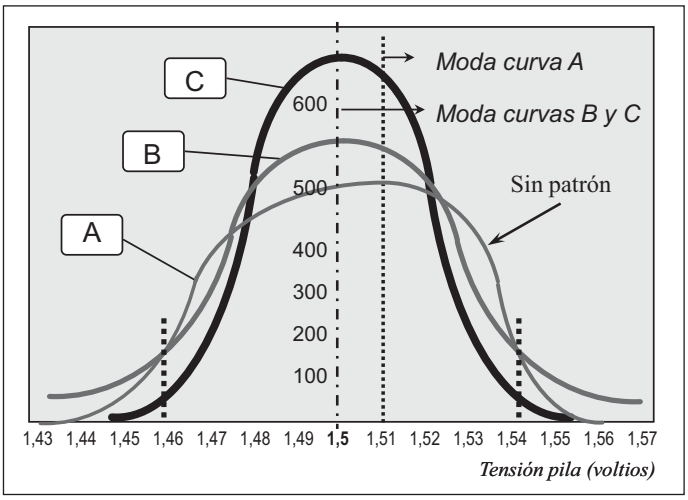


Figura 16.20. Distribución estadística de la variabilidad de una característica de calidad.

El concepto que resulta de lo que acabamos de exponer es extraordinariamente importante para el control de la calidad de los procesos y, sobre todo, para poder garantizar que ésta alcance determinado nivel (a lo que anteriormente hacíamos referencia cuando hablábamos de «procesos capaces»). Se trata del concepto de *capacidad* de los procesos, medida en términos de calidad, lo que por tanto no debe confundirse con la capacidad de producción utilizada en capítulos anteriores.

La *capacidad* de un proceso trata de medir la frecuencia con que los productos que se obtienen del mismo cumplen con las especificaciones y, por tanto, si la varia-

bilidad de la característica cuya capacidad se trata de evaluar, figura entre los límites de tolerancias establecidos, lo que resulta de mayor aplicación, cuando el proceso está ya en «estado de control».

Las evaluaciones acerca de la capacidad de máquinas y procesos persiguen un objetivo claro: determinar la *probabilidad de que los productos que se obtienen de una máquina o de un proceso sean aceptables* y, por tanto, de que la característica de calidad correspondiente tenga su valor entre los límites de tolerancia. Para determinarlo, tengamos en cuenta que, si estamos operando con una distribución normal, siempre habrá un porcentaje fijo de valores observados de la característica dentro de un intervalo alrededor de la media, si este intervalo está medido en relación a la desviación típica S. Este porcentaje puede conocerse a partir de las tablas de la ley normal. Concretamente, en una distribución normal, el 99,7% de las muestras se encuentran dentro del intervalo *6.s*, que va desde el valor $M - 3.s$ hasta el valor $M + 3.s$ (con M igual a la media aritmética de los valores de la característica de calidad y s su desviación típica, que luego evaluaremos).

Así pues, y suponiendo de momento la situación más sencilla de un proceso centrado, para asegurar que el 99,7% de los productos serán aceptables, basta con que el intervalo que define los límites de tolerancia (LTS - LTI) sea superior al que corresponde a 6.s, cuyos extremos definen los llamados *límites de control* (véase Figura 16.21). En este caso debería cumplirse pues:

$$Cp = \frac{LTS - LTI}{6 \cdot s} \geq 1$$

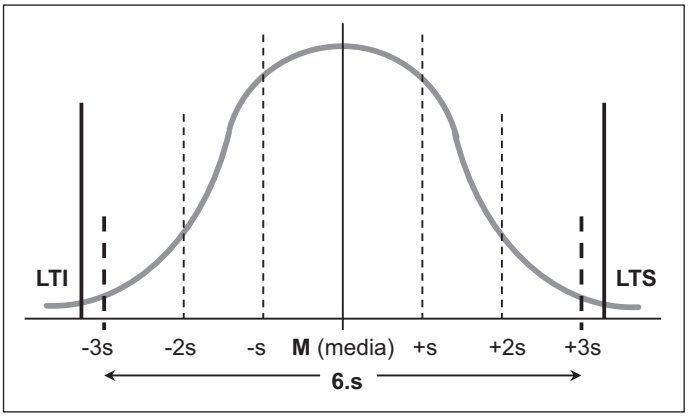


Figura 16.21. Distribución normal y capacidad.

Resultado que es la expresión primera y más sencilla para el *índice de capacidad*, al cual de hecho ya habíamos aludido a propósito del *AMFE*. Su significado es claro: cuando este índice de capacidad *Cp* es mayor que uno, *al menos el 99,7% de los productos obtenidos son aceptables.*

Para calcular el valor de *Cp* será necesario conocer la media y la desviación típica de la distribución, valores que responden a las expresiones:

$$\overline{X} = \frac{x_1 + \cdots\cdots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

n = nº total de muestras
x_i = muestra i-ésima

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \overline{X})^2}{n}}$$

Si el número de muestras n es pequeño, se puede dividir por $(n-1)$ en vez de hacerlo por n.

Que serán, por tanto, las magnitudes básicas para la determinación de los *límites de control* que, a su vez, constituyen un elemento primordial de los *gráficos de control*.

Por otra parte, la Figura 16.22 muestra una distribución de tipo normal (proceso en estado de control) pero que no tiene por qué estar centrada, es decir, que el valor que aparece con más frecuencia no tiene por qué coincidir con el nominal deseado.

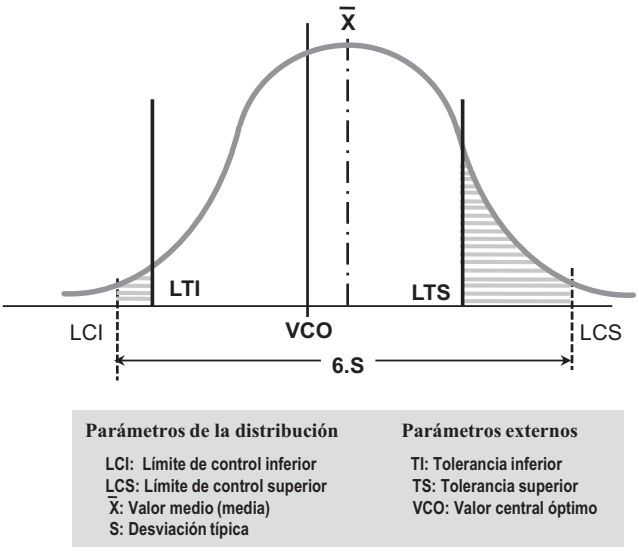


Figura 16.22. Distribución normal no centrada y capacidad *Cpk*.

Los datos usuales para el cálculo de los diferentes índices son, por una parte, las tolerancias superior *TS* e inferior *TI*, así como el valor central óptimo *VCO*, que se establecen externamente y que son independientes de la distribución.

De ello resulta un nuevo concepto de *capacidad*: el índice *Cpk*, más general, que puede utilizarse tanto si la distribución está centrada como si no lo está: este índice calcula cuántas veces cabe realmente la distribución tal como esté, centrada o no, en el intervalo de tolerancias (*TS* –*TI*):

$$C\,pk = \text{Mínimo}\left[\frac{TS - \overline{X}}{3 \cdot S}\ ,\ \frac{\overline{X} - TI}{3 \cdot S}\right]$$

Se puede comprobar que la relación $Cpk \leq Cp$ se cumple en todos los casos. Cuando se realizan estudios de capacidad de proceso a largo plazo, hay que asegurarse de que los datos recogidos incluyan todas las causas de variación del proceso. Para ello es aconsejable la toma de datos espaciada en el tiempo, incluyendo diferentes lotes, diferentes operarios del proceso, diferentes horarios, etc., de tal manera que se puedan incluir o tener en cuenta todas las causas posibles de variación. El número mínimo de datos aconsejable se establece en torno a las *100* muestras.

Así pues, diremos que, en general, un proceso es capaz, a largo plazo, cuando:

$$Cpk \geq 1$$

Por debajo de dicho valor, el número de piezas defectuosas o muestras que no verifican las tolerancias es lo suficientemente elevado como para considerar el proceso no capaz de cumplir las especificaciones.

Un proceso no puede ser capaz si las maquinas que se emplean en él no lo son. En este sentido se puede considerar un índice de capacidad de máquina, o de corto plazo, que será más exigente debido a que las condiciones serán claramente mejores: se consideran datos que solo tengan en cuenta causas de variación inherentes a la máquina que se está estudiando, de tal forma que el resto de factores o causas de variación del proceso no influirán. Para conseguirlo se aconseja la recogida secuencial de datos que pertenezcan a un mismo lote y en un periodo de tiempo relativamente corto. En este caso, el número mínimo de datos se considerará menor, en torno a 50 muestras. El límite o umbral para decidir la capacidad de la maquina será más estricto:

$$Cpk \geq 1,33$$

Los gráficos de control

Los gráficos de control representan la evolución de una característica de calidad cuya variabilidad se quiere controlar (en el eje de las ordenadas), en función de las unidades de producto controladas (en eje de abscisas). De acuerdo con la naturaleza de la característica de calidad se distinguen tres tipos de gráfico: por variables, por atributos y por número de defectos.

Siempre que sea posible, es preferible emplear gráficos de control por variables, porque las magnitudes medibles aportan mayor información que las que no lo son. Cuando se trate exclusivamente de medir la bondad de los productos resultantes de un proceso de producción y no de mejorar éste, pueden utilizarse los gráficos por atributos, cuya construcción es más sencilla; además, esto siempre puede hacerse, pues toda variable admite un tratamiento como si fuera atributo; así por ejemplo, la variable voltaje de la pila se transforma en un atributo en el momento que so-

lamente nos interese si está entre 1,45 y 1,55 voltios (la respuesta es sí o no), que es lo único que hemos de averiguar para dilucidar si el producto es correcto o no.

Un gráfico de control se completa con la inclusión de los denominados *límites de control*. Estos límites se representan como líneas horizontales que delimitan zonas del área ocupada por el gráfico y su significado es muy importante ya que definen el intervalo de anchura 6·*s* dentro del cual se deben hallar el 99,7% de los valores de las características de calidad analizadas,… ¡si el proceso está en «estado de control»!, es decir, si la distribución es normal, lo que significa que cortan al eje de las ordenadas en los puntos representativos del valor de la media más/menos tres veces la desviación típica de la distribución. La Figura 16.23 representa un gráfico de control, con los límites descritos, que serán, pues:

- *LC* o *límite central*, es el valor de la media aritmética de las observaciones que, de estar centrada la distribución, corresponderá al valor nominal deseado para la característica de calidad.
- *LCI* o *límite de control inferior*, corresponde al valor obtenido de deducir de la media, la cuantía de tres veces la desviación típica de la distribución.
- *LCS* o *límite de control superior*, corresponde al valor obtenido de sumar a la media, la cuantía de tres veces la desviación típica de la distribución.

Como puede apreciarse en la referida Figura 16.23, si se proyectan horizontalmente los puntos resultantes del gráfico de control y se hace un nuevo gráfico que nos visualice la *frecuencia* o cantidad de puntos proyectados, se tendrá la curva de distribución de los valores de la característica de calidad (a la derecha de la figura), que será de tipo *normal* o *gaussiana*, si el proceso está en estado de control, es decir, si las causas de la variabilidad de la característica de calidad son de tipo aleatorio.

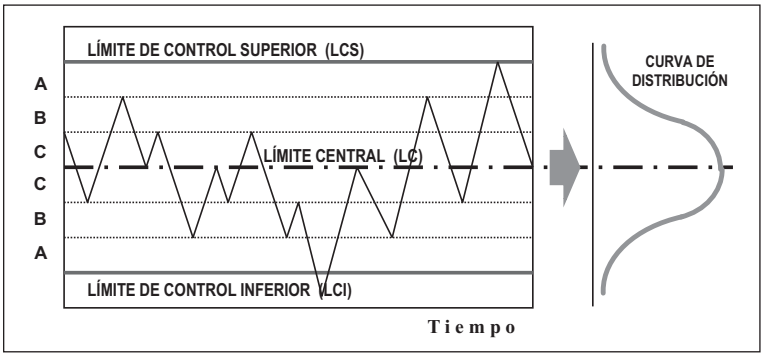


Figura 16.23. Gráfico de control y sus límites.

Los límites de control superior e inferior los establece el propio proceso y no deben confundirse con las tolerancias que se establecen de forma externa, así como tampoco debe confundirse el límite central con el valor óptimo. Se suelen establecer en aquellos gráficos con límites de control simétricos, una serie de zonas denominadas A, B y C, cada una de ellas de amplitud, la desviación típica *S*, hasta ocupar un intervalo igual a 6·*s*, que permiten apreciar de forma más visual la dispersión de valo-

res respecto al límite central y que se emplean en el análisis posterior de los gráficos, para utilizarlos para establecer un diagnóstico.

En los gráficos de control, aparte de representar observaciones individuales, se pueden reflejar medias, desviaciones o rangos de muestras. Existen varios tipos de gráficos para cada tipo de característica de calidad, debido a la tendencia a agrupar las observaciones de los valores de la característica en *subgrupos* y utilizar, por ejemplo, la media de los valores de dichos subgrupos. La ventaja que tiene esto es la de obtener un gráfico con menos valores y sobre todo una variabilidad menos acusada y más fácil de interpretar; además, la desviación típica de los subgrupos, que llamaremos s_m, es menor que la del conjunto de observaciones s:

$$s_m = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Como ya hemos comentado, los gráficos de control ponen de manifiesto la variabilidad del proceso. En relación a la información que proporcionan estos gráficos, la labor a realizar consistirá en reducir la variabilidad mediante las medidas correctivas necesarias, realizando un seguimiento de dichas acciones para controlar su correcta evolución y comprobar su eficacia para reducir la variabilidad.

Existen una serie de coeficientes o factores que se emplean en el cálculo de los límites de control de los diferentes tipos de gráficos. Ello es así porque solo en los gráficos que representen directamente los valores de la característica de calidad y sin agruparlos en subgrupos, la distancia, en ordenadas, a que se encuentran los límites de control es de más/menos tres veces la desviación típica, tal y como lo hemos expuesto; los demás tipos de gráficos de control, que representen medias u otras magnitudes y utilizando agrupaciones, la distancia a la que se hallan los límites de control será distinta y una forma sencilla de determinarla es utilizando una tabla con valores que pueden usarse directamente para ello.

La tabla de la Figura 16.24, contiene los coeficientes más usuales para la determinación de los límites de control, en función del número de muestras n que incluye cada subgrupo. Al exponer los distintos tipos de gráfico, se mostrará cómo se utilizan estos coeficientes.

Gráficos de control por variables: los gráficos de este tipo que corrientemente se utilizan son los cuatro siguientes:

- Gráfico de **medias-rangos**.
- Gráfico de **medias-desviaciones** típicas.
- Gráfico de **observaciones individuales-rangos móviles**.
- Gráfico de **medias móviles-rangos móviles**.

Cada uno de los tipos está compuesto de dos gráficos: uno relativo a valores de la característica de calidad o sus medias, que permite analizar el centrado de la distribución y otro relacionado con la dispersión; ambos aspectos son importantes y sabemos que la capacidad puede ser insuficiente por exceso de descentrado (para esto se ha establecido el coeficiente *Cpk*) o por exceso de dispersión (campana demasiado «abierta» como en el caso de la Figura 16.20, en el caso de las curvas A y B). Para que los límites de control resulten significativos es aconsejable tomar un mínimo de 100 muestras con un mínimo de 20 subgrupos.

Si no se pueden agrupar los datos, o el gráfico se basa en observaciones individuales (una de las opciones que acabamos de presentar), se empleará, según el caso, el gráfico de observaciones individuales–rangos móviles o el gráfico de medias móviles–rangos móviles, que toman agrupaciones de datos individuales, de forma que a partir de una dada, añadiendo una nueva observación y eliminando la última, se forma una nueva agrupación. Por ejemplo, si hemos realizado las observaciones 1, 2, 3, 4, 5, 6 podemos formar subgrupos «móviles» de 3 observaciones de la siguiente manera: 1-2-3, 2-3-4, 3-4-5, etc. y calcular para cada uno de ellos el rango. Las primeras *n-1* observaciones carecerán de rango móvil.

N	A_3	E_2	A_2	D_3	D_4	B_3	B_4
2	2,659	2,660	1,880	0	3,267	0	3,267
3	1,954	1,772	1,023	0	2,574	0	2,568
4	1,628	1,457	0,729	0	2,282	0	2,266
5	1,427	1,290	0,577	0	2,114	0	2,089
6	1,287	1,184	0,483	0	2,004	0,030	1,970
7	1,182	1,109	0,419	0,076	1,924	0,118	1,882
8	1,099	1,054	0,373	0,136	1,864	0,185	1,815
9	1,032	1,010	0,337	0,184	1,816	0,239	1,761
10	0,975	0,975	0,308	0,223	1,777	0,284	1,716
11	0,927	0,946	0,285	0,256	1,744	0,321	1,679
12	0,866	0,921	0,266	0,283	1,717	0,354	1,646
13	0,850	0,899	0,249	0,307	1,693	0,382	1,618
14	0,817	0,881	0,235	0,328	1,672	0,406	1,594
15	0,789	0,864	0,223	0,347	1,653	0,428	1,572
16	0,763		0,212	0,363	1,637	0,448	1,552
17	0,739		0,203	0,378	1,622	0,466	1,534
18	0,718		0,194	0,391	1,608	0,482	1,518
19	0,698		0,187	0,403	1,597	0,497	1,503
20	0,680		0,180	0,415	1,585	0,510	1,490
21	0,663		0,173	0,425	1,575	0,523	1,477
22	0,647		0,167	0,434	1,566	0,534	1,466
23	0,633		0,162	0,443	1,557	0,545	1,455
24	0,619		0,157	0,451	1,548	0,555	1,445
25	0,606		0,153	0,459	1,541	0,565	1,435

Figura 16.24. Tabla de coeficientes para la determinación de los límites de control.

Los cuatro tipos de gráficos que acabamos de enumerar y los valores de sus límites de control, utilizando los coeficientes de la tabla de la Figura 16.24, son:

a) Gráfico de medias-rangos:

Es el más utilizado. El rango es la diferencia entre el mayor y el menor valor de las muestras de un subgrupo, también es conocido como recorrido, por lo que el gráfico también se denomina de «medias-recorridos». Una vez recogidos todos los datos se establecen los subgrupos y se realizan los cálculos de la media X y del rango R de cada subgrupo para representar los gráficos, así como la media de las medias X_m y la media de los rangos R_m para el cálculo de los límites de control, como se describe a continuación:

Gráfico de medias:

- Límite central: $LC = X_m$
- Límite de control superior: $LCS = X_m + A_2 \cdot R_m$
- Límite de control inferior: $LCI = X_m - A_2 \cdot R_m$

Gráfico de rangos:

- Límite central: $LC = R_m$
- Límite de control superior: $LCS = D_4 \cdot R_m$
- Límite de control inferior: $LCI = D_3 \cdot R_m$

b) Gráfico de medias - desviaciones:

El gráfico de desviaciones típicas se emplea en sustitución del de rangos o recorridos cuando el tamaño de los subgrupos es grande. Por encima de entre 4 y 8 muestras por subgrupo el rango pierde precisión, siendo más aconsejable emplear la desviación típica.

Gráfico de medias:

- Límite central: $LC = X_m$
- Límite de control superior: $LCS = X_m + A_3 \cdot R_m$
- Límite de control inferior: $LCI = X_m - A_3 \cdot R_m$

Gráfico de desviaciones:

- Límite central: $LC = S_m$
- Límite de control superior: $LCS = B_4 \cdot S_m$
- Límite de control inferior: $LCI = B_3 \cdot S_m$

Para el cálculo de la media S_m de las desviaciones de los n subgrupos S_i, se emplea la fórmula siguiente:

$$S_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} S_i}{n-1}}$$

c) Gráfico de observaciones individuales - rangos móviles:

Los gráficos de observaciones individuales son menos sensibles a los posibles cambios en el proceso, y se emplean cuando se dispone de pocos datos, es complicado o costoso extraer muestras, o simplemente, cuando resulta complejo formar subgrupos significativos. Para mejorar sus prestaciones se realiza conjuntamente con un gráfico de rangos móviles y para el cálculo de los rangos móviles se realizan subgrupos simulados de n observaciones individuales de forma superpuesta y progresiva, tal como ya se ha indicado anteriormente.
El cálculo de los límites de control se realiza de forma similar que en los gráficos de medias-rangos, tomando las observaciones individuales como si fuesen medias de los subgrupos, de este modo X_m será el promedio de las observaciones individuales y R_m el promedio de los rangos móviles:

Gráfico de observaciones individuales:

- Límite central: $LC = X_m$
- Límite de control superior: $LCS = X_m + E_2 \cdot R_m$
- Límite de control inferior: $LCI = X_m - E_2 \cdot R_m$

Gráfico de rangos móviles:

- Límite central: $LC = R_m$
- Límite de control superior: $LCS = D_4 \cdot R_m$
- Límite de control inferior: $LCI = D_3 \cdot R_m$

Es aconsejable utilizar esta combinación de gráficos si la distribución de las observaciones individuales coincide con la distribución normal o Gaussiana.

d) Gráficos de medias móviles - rangos móviles:

Este gráfico se suele emplear en los mismos casos que el gráfico de observaciones individuales-rangos móviles, pero cuando las observaciones no siguen una distribución normal. El cálculo de las medias móviles se realiza de forma análoga al de los rangos móviles.
Para el cálculo de los límites de control se emplean las mismas fórmulas que el caso del gráfico de medias rangos, pero con X_m como promedio de las medias móviles y R_m como promedio de los rangos móviles.

Por su parte, los *gráficos de control por atributos* corrientemente utilizados, son los siguientes:

a) Gráfico p:
Este gráfico controla la proporción de unidades defectuosas. Se toman la mayor cantidad de datos posibles y se agrupan en subgrupos que pueden ser de tamaño variable. Para cada subgrupo se debe especificar el tamaño n_i, el número de defectos np_i y la cantidad defectuosa por unidad p_i, de la forma siguiente:

$$p_i = \frac{\text{unidades defectuosas subgrupo i}}{\text{tamaño subgrupo i}} = \frac{np_i}{n_i}$$

Los cálculos de los límites de control se realizan como sigue:

- Límite central: $LC_i = P_m$
- Límite de control superior: $LCS_i = P_m + 3\sqrt{\left(P_m(1-P_m)/n_i\right)}$
- Límite de control inferior: $LCI_i = P_m - 3\sqrt{\left(P_m(1-P_m)/n_i\right)}$

La función defectuosa promedio P_m se define como:

$$P_m = \frac{\text{total de unidades defectuosas}}{\text{total inspeccionado}} = \frac{\sum np_i}{\sum n_i}$$

Como se puede apreciar, el cálculo de los límites inferior y superior depende del tamaño de cada subgrupo, por tanto dichos límites irán variando a lo largo de la gráfica.

b) *Gráfico Np:*
El gráfico Np controla el número de unidades defectuosas de forma absoluta. Para este gráfico es necesario que todos los subgrupos tengan el mismo tamaño fijo *n*. Solo será necesario establecer el número de defectos por subgrupo np_i. El producto de la función promedio P_m, que se calcula de forma idéntica que en el gráfico p, por el tamaño fijo *n* de los subgrupos, se utiliza para calcular los límites de control:

$$n \cdot P_m = \frac{\text{nº total de defectos}}{\text{nº de subgrupos}} = \frac{\sum np_i}{k}$$

- Límite central: $LC = n \bullet P_m$
- Límite de control superior: $LCS = n \bullet P_m + 3\sqrt{\left(n \bullet P_m(1-P_m)\right)}$
- Límite de control inferior: $LCI = n \bullet P_m - 3\sqrt{\left(n \bullet P_m(1-P_m)\right)}$

Finalmente, los *gráficos por número de defectos* se pueden emplear cuando no es posible utilizar ni los de control por variables ni los de control por atributos. Su empleo se aconseja cuando los defectos no se identifican inequívoca-

mente con las unidades defectuosas, porque de hecho pueden existen o pueden existir varios defectos en cada unidad. Se consideran los dos tipos de gráficos que siguen:

a) *Gráfico U:*
Representa el porcentaje de defectos por unidad inspeccionada. Se pueden utilizar cuando el tamaño de muestras es variable, empleándose en algunos casos el número de defectos por área o longitud. Así pues, los subgrupos de muestreo pueden tener diferentes tamaños. La cantidad de defectos por unidad u_i para cada subgrupo, que será lo que se representa en el gráfico, se calcula como:

$$u_i = \frac{\text{nº de defectos en subgrupo } i}{\text{tamaño del subgrupo } i} = \frac{c_i}{n_i}$$

Los límites de control para el gráfico U, donde U_m se considera el promedio de defectos por unidad, se calculan de la siguiente forma:

- Límite central: $\text{LC} = U_m = \sum c_i / \sum n_i$
- Límite de control superior: $\text{LCS} = U_m + 3\sqrt{(U_m/n_i)}$
- Límite de control inferior: $\text{LCI} = U_m - 3\sqrt{(U_m/n_i)}$

Como se puede apreciar, también en este caso los límites de control resultan variables en función del tamaño de la muestra o unidad inspeccionada.

b) *Gráfico C:*
Mediante este gráfico se controla el número de defectos encontrados c_i en cada unidad inspeccionada. Es necesario que todos los subgrupos de muestras tengan el mismo tamaño fijo. Los límites de control para este gráfico se calculan de la forma siguiente:

- Límite central: $\text{LC} = C_m = \sum c_i / n$
- Límite de control superior: $\text{LCS} = C_m + 3\sqrt{C_m}$
- Límite de control inferior: $\text{LCI} = C_m - 3\sqrt{C_m}$

Los gráficos de control representan la variabilidad existente en los procesos. Nuestra tarea consistirá en interpretar la información que nos proporcionan, para aplicar las medidas convenientes de corrección sobre el proceso según cada caso. La interpretación de los gráficos se puede llevar a cabo de diversas formas según el tipo de gráfico, pero también según el objetivo que se persiga.

Hay que tener en cuenta que aunque todas las muestras queden dentro de los límites de control no es una garantía de que el proceso esté «controlado» y solo tenga causas aleatorias de variabilidad. La distribución de las observaciones puede presentar anomalías sin que se superen los límites de control. Estas ano-

malías pueden indicar que «algo se está haciendo mal», es decir, que existen causas especiales que afectan al proceso. Para realizar la interpretación de los gráficos de control en este caso se utilizan unos patrones para comparar. Como ejemplo, se muestran en la Figura 16.25 los ocho patrones de *Lloyd-Nelson*. Son los siguientes:

Patrón 1: Puntos fuera de los límites de control. Indica que el proceso no está bajo control o que ha empeorado, es decir, existe alguna causa especial de variación.

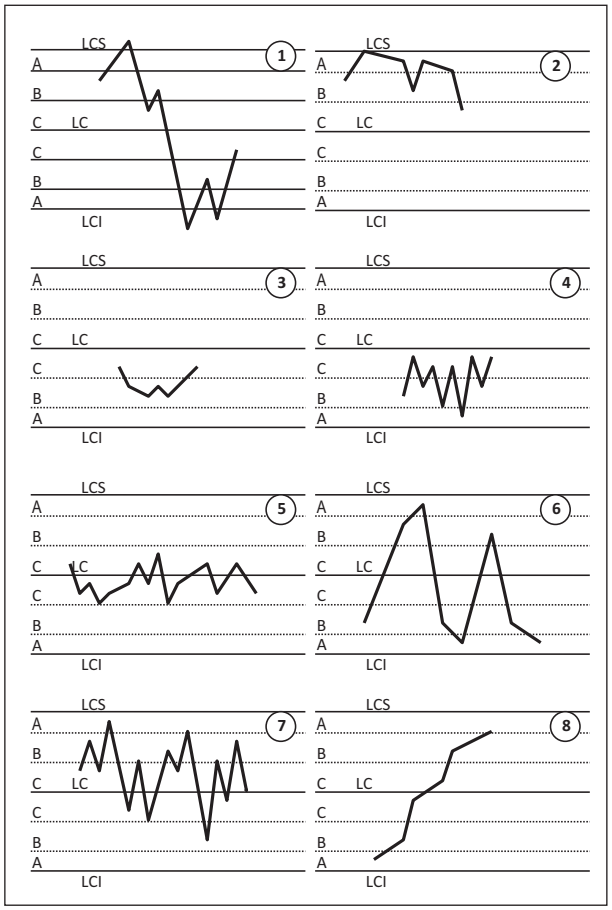


Figura 16.25. Patrones de Lloyd - Nelson.

Patrón 2: Dos puntos de cada tres se hallan en la zona A. Esto no es posible ya que si el proceso está en estado de control, entre las zonas C y B debe haber el 95,4% de las observaciones, y entre C, B y A el 99,7%; así que en C no deberían haber más del 4,3% con una distribución normal (estado de control).

Los patrones que siguen también indican que rompen los porcentajes de la distribución normal:

Patrón 3: Cuatro puntos de cada cinco, en la zona B o más alejados.

Patrón 4: Nueve puntos constitutivos en el mismo lado que C.

Patrón 5: Quince puntos consecutivos en las zonas C superior o inferior, alrededor del LC.

Patrón 6: Ocho puntos consecutivos en las zonas A y B superiores alrededor del límite central.

Patrón 7: Catorce puntos seguidos con alternancia creciente-decreciente.

Patrón 8: Seis puntos seguidos con crecimiento sostenido o decrecimiento asimismo sostenido.

Para los gráficos de rangos y desviaciones, así como para los diferentes gráficos de atributos y número de defectos, la presencia de puntos por encima del límite de control superior indica que el proceso ha empeorado y denota causas especiales.

Pueden obtenerse también conclusiones a partir de los gráficos de control, por medio de la *estratificación de las series de producción*, sus gráficos y la distribución asociada.

Supongamos el gráfico de control de la Figura 16.26, con la distribución asociada que puede observarse a la derecha.

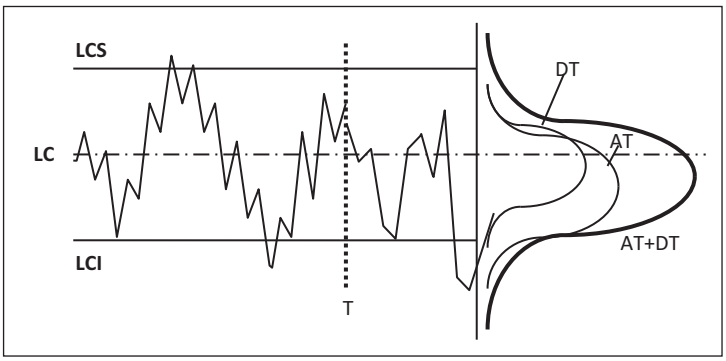


Figura 16.26. Distribución con estratificación sin efectos para diagnóstico.

Supongamos ahora que en el momento T ha habido un cambio de alguno de los elementos que intervienen en el proceso, tales como el operario, las herramientas, el lote de materia prima, etc.; podemos *determinar* por separado los gráficos de control antes y después de esta situación, que supondremos que son los AT y DT. El gráfico completo sin esta estratificación de la serie por situaciones diferenciables será el que se indica por AT+DT. Puede apreciarse que los gráficos AT y DT presentan diferencias substanciales, pero con la estratificación sabemos quién o qué es la causa de la situación anómala.

16.16. METODOLOGÍA *SEIS SIGMA* PARA ALCANZAR LA EXCELENCIA EN CALIDAD

En el epígrafe anterior se ha expuesto cómo evaluar el nivel de calidad mediante el control estadístico de procesos *SPC* y, en particular, mediante el *índice de capaci-*

dad Cp o *Cpk*. El *SPC* proporciona la medida del nivel de calidad de los procesos, pero evidentemente no asegura que este nivel mejore y, menos aún, que alcance un determinado objetivo, lo que se logra cuando el sistema productivo asegura que objetivo queda cubierto a la primera.

Así pues, una metodología para la mejora de procesos deberá proveer, junto a un sistema de medición, las herramientas necesarias para la mejora de procesos, a fin de que se alcancen objetivos de calidad elevados. Un programa que permite alcanzar resultados que entran de lleno en la *excelencia*, motivo por el cual en la actualidad goza de un gran prestigio, es la metodología *Seis Sigma*.

Con ella, el objetivo en lo referente al nivel de calidad, queda muy por encima del 99,7% de productos correctos que, recordemos, correspondía a una característica de calidad cuyo intervalo entre tolerancias cubriera, a su vez, un intervalo de $\pm 3\sigma$ (alrededor de la media) de la distribución estadística de los valores de la citada característica, siendo σ (*sigma*) la medida de la desviación típica de la distribución. La metodología *Seis Sigma* queda, incluso, muy por encima de los objetivos de cubrir un intervalo de $\pm 4\sigma$ o $\pm 5\sigma$. Se trata de que el intervalo de las tolerancias admitidas, abarque un intervalo de la distribución estadística de los valores de una característica de calidad, de una amplitud $\pm 6\sigma$ (véase Figura 16.27). De hecho, queda tan lejos, que el nivel de defectos ya no se mide en porcentajes sino en *ppm* (partes por millón). Tan ambicioso es el objetivo, que solo admite,

3,4 DEFECTOS POR MILLÓN DE UNIDADES

Se trata de un objetivo realmente elevado, que raya la perfección y, en cualquier caso, confiere al proceso que lo alcanza, la categoría de *excelencia*. Para poder tener una referencia comparativa, digamos que con un nivel de calidad $\pm 3\sigma$ (99,7% productos correctos), hay 2.700 defectos en un millón de unidades.

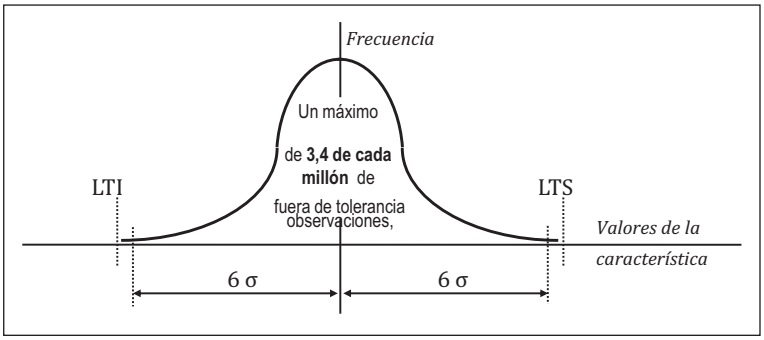


Figura 16.27. En Seis Sigma el intervalo de tolerancias cubre otro de amplitud $\pm 6\sigma$.

La metodología *Seis Sigma* ha supuesto el espaldarazo definitivo para medir los defectos de calidad en *ppm* y no en porcentajes. Su origen se remonta a 1985 en la división de electrónica del gobierno de Motorola (USA), a partir de un trabajo elaborado por Mikel Harry en el que ponía de relieve una clara relación entre la fiabilidad de un producto y el nivel de «retrabajos» o reprocesos sufrido por el producto en

su proceso productivo como fruto de los distintos controles de calidad, en los que manifestaba variabilidad en alguna característica de calidad más allá de los límites de tolerancia. Es más, para Motorola las pérdidas económicas originadas por un producto que debe sufrir reprocesos tienen una relación directa con la variabilidad manifestada por las características de calidad involucradas. Por todo ello el equipo de ingeniería de Harry orientó la mejora de los procesos hacia la eliminación de las causas de defectos (y, por tanto, de la variabilidad que los genera), más que a los defectos en sí, que eliminadas sus causas ya no aparecerían.

Así pues, para la metodología *Seis Sigma*, el nivel de reprocesados y las pérdidas económicas consecuentes están directamente relacionados con la variabilidad de los procesos y, en particular, a la variabilidad que excede los límites de tolerancia, la que genera los defectos. Así por ejemplo, para Motorola un nivel de calidad *Seis Sigma* implica un volumen de costes en reparaciones antes y después de entregar el producto al cliente, inferior al uno por ciento del importe de las ventas, mientras que un nivel de «solo» *Cuatro Sigmas*, elevaría estos costes por encima del diez por ciento de las ventas.

Para Motorola, además, la eliminación de fallos en los procesos debía ir más allá de los procesos productivos para alcanzar los aspectos de ventas y distribución, el servicio al cliente, incluyendo los de postventa, la facturación y cobro y cualquier proceso que pudiera incidir en la satisfacción del cliente, el verdadero objetivo de la calidad. Para General Electric (Jack Welch, 1995), una de las empresas que más firmemente ha creído en esta metodología y la ha aplicado con brillantes resultados, el objetivo era que sus productos, servicios y transacciones no tuvieran virtualmente defecto alguno.

Tanta relevancia está teniendo desde su origen esta metodología del mundo de la calidad, que Motorola creó el *Instituto de Investigación Seis Sigma* de la mano del propio Harry, quien en la década de los noventa ayudó a implantar la metodología en ABB para, finalmente, crear la *Six Sigma Academy*.

Metodología *Seis Sigma*. Etapas. Proyectos *Seis Sigma*

Para alcanzar todos los objetivos y al extraordinario nivel que se pretende en la metodología *Seis Sigma* y, por supuesto, los importantes ahorros en costes que suponen, ésta debe incluir necesariamente:

- Dominio total sobre los requerimientos de calidad del producto y de los clientes a satisfacer.
- Una organización que incluya la calidad como elemento cultural básico, de la que estén impregnados sus procesos.
- Orientación de la actividad a la mejora permanente e, incluso, a la perfección.
- Una sistemática que permita determinar las fuentes de fallos y, no solo eliminarlos, si no llegar a prevenirlos (ya que, como ha quedado establecido, el objetivo debe alcanzarse a la primera).
- Una metodología para evaluar los niveles de calidad alcanzada y su progresión y por tanto para determinar hasta qué punto se alcanzan los objetivos propuestos.

- Junto a los objetivos de calidad, la mejora de procesos debe redundar también en una reducción del coste derivado de la no calidad, según ha sido ya expuesto. Cada proyecto *Seis Sigma* tiene asimilado un beneficio económico acordado y validado.
- Una metodología de trabajo «potente» tanto en los aspectos de mejora como de medición, lo que llevará a la utilización de equipos pluridisciplinares.
- Esta metodología incluirá como elemento importante la formación de las personas involucradas (*black belts* y *green belts*, líderes de los proyectos y *Master Black Belts*, expertos Seis Sigma). La terminología importada del «karate» se debe a Cliff Ames de Unisys (1987)

De acuerdo con lo expuesto, resulta lógico que un proyecto *Seis Sigma* esté caracterizado por una mayor complejidad que cualquier otro tipo de proceso de mejora con metas más asequibles, tales como los círculos de calidad o la mejora continua *kaizen* y, el equipo humano que compone un proyecto *Seis Sigma*, ha de tener una capacitación y experiencia mucho mayores.

Las etapas que básicamente componen un proyecto *Seis Sigma* son:

- Obtención de datos de los requerimientos de calidad.
- Identificar los procesos objeto del proyecto de mejora y los problemas de calidad y sus fuentes.
- Identificar las características de calidad clave involucradas y medir sus niveles de calidad y variabilidad.
- Determinación de los objetivos de la mejora para las mismas y su medición.
- Propuesta del equipo de proyecto *Seis Sigma* (teniendo en cuenta la formación necesaria).
- Elaboración del proyecto. Téngase en cuenta que las herramientas desarrolladas para la implantación, medición y mejora de la calidad, expuestas a lo largo de este capítulo (desde el análisis causa-efecto al diseño de experimentos, pasando, evidentemente, por el control estadístico de procesos), son de una gran utilidad en un proyecto *Seis Sigma* y, por tanto, de normal utilización en el mismo.
- Despliegue y ejecución del mismo. La metodología general podría adaptarse a la del ciclo PDCA, partiendo de un área piloto (Planificar, Realizar, Comprobar y Actuar). Sin embargo, en la práctica del *Seis Sigma* se aplica una metodología algo más desarrollada, la DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar).
- Obtención de las posibles soluciones y evaluación de las mismas.

Los proyectos *Seis Sigma* se proponen y deben sufrir un proceso de selección y valoración para que, finalmente, sean elegidos para llevar adelante. Entre otras cosas, es normal que precisen de la aprobación del director *sponsor* (*champion*). Como se verá más adelante, los *sponsors* buscan y proponen posibles proyectos *Seis Sigma*, movilizando a quien pueda estar involucrado para que se lleve adelante. Puede haber, además, un *controller* que audite la propuesta y, en todo caso, el comité de dirección hará su valoración.

La propuesta final se hará pública, así como los premios establecidos y previamente aprobados. Además de los premios, que normalmente afectarán a la retribución, el personal involucrado en los proyectos *Seis Sigma* está incentivado por el reconocimiento a su labor, diplomas vinculados a los proyectos y, desde luego, la formación que reciben (en la

que la estadística y las herramientas estadísticas ya expuestas en este capítulo, forman una parte muy importante). En relación a los incentivos y reconocimiento a la participación en los proyectos *Seis Sigma*, es importante que incluyan también otras colaboraciones, tales como actividades *kaizen* (mejora continua) o de reingeniería (mejora rápida y directa), así como actividades relacionadas con aspectos complementarios de calidad en grupos de mejora o de mantenimiento preventivo, autónomo o de tipo 5S.

Por otra parte, de cuanto ha sido expuesto, se desprende que los proyectos *Seis Sigma* pueden generar importantes beneficios, no solo en la *reducción del nivel de defectos* a unas pocas partes por millón, sino también:

- *Reducir los costes*, objetivo claramente especificado en cada proyecto *Seis Sigma*, en una cuantía que ya hemos apuntado que podía relacionarse con el nivel de variabilidad (sigma).
- Dado que el objetivo de la metodología es la de alcanzar la práctica totalidad de la producción con la calidad requerida «al primer intento», el *tiempo de respuesta* frente al cliente puede reducirse de forma substancial.
- Como consecuencia de la eliminación de reprocesados, pueden dedicarse los recursos productivos a la consecución de nuevas unidades de producto y, en consecuencia, *aumentar la productividad*.

Asimismo, la mejora de la calidad llevada más allá de los procesos de producción de un producto concreto, lo que también se incluye como objetivo *Seis Sigma*, debe permitir:

- Mejorar también los procesos de soporte de la producción un producto dado, dentro y fuera de una planta (aprovisionamiento, mantenimiento, etc.).
- Extender el concepto de calidad con filosofía *Seis Sigma*, al diseño y desarrollo del producto, donde se genera una parte importante de la variabilidad manifestada en el producto. Como sabe el lector, en la actualidad hay una marcada tendencia hacia la optimización de la calidad en estas etapas y se dispone de herramientas adecuadas (QFD, AMFE y Diseño de Experimentos).
- Extender asimismo la metodología a los procesos de aprovisionamiento y a las empresas que lo efectúan. En estos procesos se genera también una parte no desdeñable de la variabilidad que afecta a las características de calidad de los productos. La colaboración de los proveedores resulta de gran valor.

Por lo que hace referencia al campo de aplicación, es preciso dejar constancia de que la metodología *Seis Sigma* es aplicable para mejorar procesos productivos, sean industriales o de servicios y para cualquier tipo de proceso complementario de los anteriores (por ejemplo, las expediciones del producto acabado). Sin embargo, más allá de lo anterior, *Seis Sigma* tiene un gran campo de aplicación en el desarrollo de cualquier tipo de proyecto, así como para el desarrollo de actividades virtuales o de *e-business*.

Como resumen de lo expuesto, la metodología *Seis Sigma* se caracteriza por tres aspectos:

- *Mide estadísticamente* la eficiencia de los productos o procesos.

- Se plantea una *mejora radical* de los mismos, con objetivos muy elevados (que rayan la perfección). Esta mejora debe implicar la *satisfacción total del cliente*, así como una mejora que pueda medirse en términos económicos.
- Debe incluir necesariamente una *metodología de gestión* para alcanzar este nivel de excelencia y, en lo posible, el liderazgo del mercado.

Nivel Sigma de un proceso, nivel de calidad y requerimientos de productos y procesos

Cuando, en el epígrafe anterior, se definió el concepto básico de la *capacidad* de un proceso, empleábamos la expresión:

$$Cp = \frac{LTS - LTI}{6.\sigma}$$

La cual mide hasta qué punto el intervalo de tolerancias LTS - LTI de una característica de calidad, cubre un intervalo de la distribución estadística de la misma, de amplitud **± 3** veces la *desviación típica* (que, como concepto estadístico, se indica con la letra griega **σ**) y, por tanto, un intervalo de amplitud 2 . 3 . σ = 6 . σ. El número de observaciones de la distribución estadística que queda dentro del intervalo 6.σ es, como sabemos, del 99,7%. En el caso de que la citada cobertura se diera de forma exacta, Cp sería igual a uno y estas observaciones se ajustarían exactamente al intervalo de tolerancias (al menos en una distribución centrada, como también se especificó en el epígrafe anterior), con lo que el porcentaje de 99,7%, sería también el de observaciones de la característica de calidad correctas, dicho de otra forma, sería el nivel de calidad existente.

Basándonos en el concepto de capacidad, definiremos el *Nivel Sigma*, como:

$$NS = \frac{LTS - LTI}{2.\sigma}$$

NS es el valor que ajusta exactamente el intervalo de tolerancias con el de la correspondiente distribución estadística de anchura 2.NS.σ, ya que se daría:

$$2.\ NS.\sigma = LTS - LTI$$

Sería, por ejemplo, el caso de que la capacidad Cp = 1, cuando NS = 3, ya que se daría:

$$LTS - LTI = 6.\sigma$$

En general, fuera cual fuera el valor de NS, el número de unidades sin defectos sería igual al de observaciones encerradas en el intervalo de la anchura referida.

Así por ejemplo para el caso citado de NS=3, el número de defectos sería el propio de un intervalo de ± 3.σ, el ya citado 99,7%, con lo que el *Nivel Sigma* no es otra cosa que el número de veces el valor de σ, que queda cubierto por el intervalo de tolerancias, a cada lado del valor medio (± NS.σ).

El *Nivel Sigma* permite pues determinar directamente el nivel de calidad de las observaciones realizadas, ya que a cada intervalo ± NS.σ le corresponde una fracción de unidades correctas que crece con NS.

En la práctica el cálculo tal y como ha sido planteado hasta aquí, es decir, con la distribución totalmente centrada con el intervalo de tolerancias, se considera poco real

y al igual que, por este motivo, el índice de capacidad Cp evolucionó hasta el Cpk, que considera la posibilidad de una distribución descentrada, la metodología *Seis Sigma* considera un descentrado entre el intervalo de tolerancias y la distribución estadística de 1,5.σ (una vez y media la desviación típica sigma). La Figura 16.28 muestra la distribución estadística de una característica de calidad, descentrada un valor de 1,5.σ en relación al intervalo de tolerancias, tal como considera la metodología *Seis Sigma*. Veamos cuál es la incidencia de este descentrado. Recordemos que Cp es la relación:

$$Cp = (LTS - LTI) / 6.\sigma$$

En el caso de una distribución centrada, el valor medio de la característica de calidad, que denominaremos V_M, estará situada exactamente entre LTS y LTI, como en la Figura 16.27. En tal caso:

$$Cp = (LTS - VM) / 3.\sigma \quad \text{y también: } Cp = (VM - LTI)/3.\sigma$$

Cuando la distribución se halle descentrada, estos dos valores serán distintos y el nuevo coeficiente de capacidad Cpk será el menor de ellos. Es decir, el coeficiente Cpk será, en este caso, menor que el coeficiente Cp; concretamente:

$$Cpk = \text{Mínimo } [(LTS - VM) / 3.\sigma; (VM - LTI) / 3.\sigma]$$

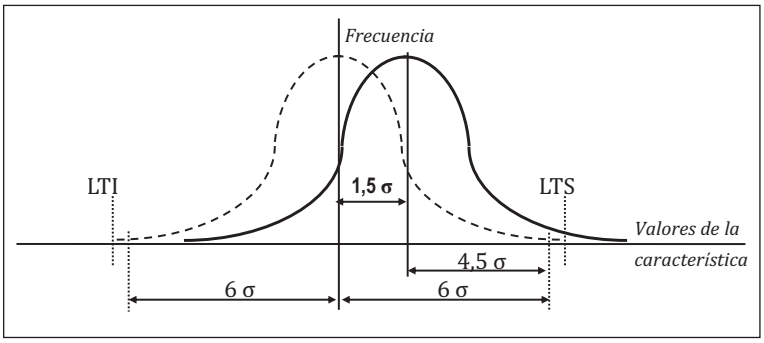


Figura 16.28. Intervalo de tolerancia descentrado 1,5.σ respecto a la distribución de la característica de calidad.

Evidentemente, los valores para el nivel de defectos de calidad expresados en ppm (partes por millón) en función del *Nivel Sigma*, dependerán también de la existencia de este descentrado de la distribución estadística. La tabla de la Figura 16.29 muestra los valores del coeficiente de capacidad Cp y el nivel de defectos en ppm, para los valores del nivel sigma comprendidos entre 3 (correspondiente a un intervalo ± 3.σ), es decir, el que dio lugar a la definición inicial de la capacidad de un proceso y 6 (correspondiente a un intervalo ± 6.σ), el que trata de alcanzar la metodología *Seis Sigma*.

Nivel Sigma	Coeficiente Cp	Nivel calidad (ppm)	
		Descentrado = 0	*Descentrado = 1,5. σ*
3	1	2.700	66.807

4	4/3 = 1,33	63	6.210
5	5/3 = 1,66	0,57	233
6	**6/3 = 2**	**0,002**	3,4

Figura 16.29. Capacidad y niveles de calidad para distintos niveles Sigma.

En la Figura 16.28 se observa que el nuevo valor de LTS – V_M, es menor que el que había con la distribución centrada, en una cuantía de 1,5.σ, por lo que:

$$Cp - Cpk = 1{,}5.\sigma / 3.\sigma = 0{,}5$$

Con lo que el valor de Cpk para el nivel *Seis Sigma* será de 2 – 0,5 = **1,5** (o menor, por supuesto).

Vamos a ocuparnos ahora, con un ejemplo, de los valores del *Nivel Sigma* y su incidencia en los niveles de calidad, a fin de extraer conclusiones acerca de los procesos y productos involucrados y su gestión. En efecto, supongamos un proceso en que se fabriquen pilas eléctricas de 1,5 voltios, el caso utilizado en el epígrafe anterior. Supongamos también que se fija la tolerancia de la tensión de las mismas basada en el intervalo ± 10 milivoltios (lo que supondrían que cumplirían las especificaciones de calidad dentro del intervalo que va de 1,49 a 1,51 voltios). En tal caso, LTS – LTI sería igual a 20 milivoltios.

La desviación típica sigma, según podemos recordar responde a la expresión:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (V_i - V_M)^2}{n-1}}$$

Donde las V_i son los valores de las tensiones eléctricas observadas, V_M el del valor medio de las mismas y n es el número de tales observaciones.

Supongamos que este valor, para el caso considerado sea de 2,5 milivoltios. El *Nivel Sigma* será:

$$NS = 20 / (2 \times 2{,}5) = 4$$

Con lo que el número de fallos será de 6.210, según la tabla de niveles sigma ya expuesta. Para alcanzar un nivel *Seis Sigma*, la desviación típica, hubiera tenido que reducirse a:

$$\sigma = 20 / 2 \times 6 = 1{,}66 \text{ milivoltios}$$

Por otra parte, recordemos que la expresión del cálculo del *Nivel Sigma*, permite obtener:

$$LTS - LTI = 2.\sigma.NS$$

Lo que supone que puede alcanzarse un nivel *Seis Sigma* sin la reducción efectuada en la desviación típica, sin más que validar el intervalo de tolerancias que se ajuste a estos valores, que en el caso considerado sería ahora:

$$LTS - LTI = 2 \times 2{,}5 \times 6 = 30 \text{ milivoltios}$$

¿Qué consecuencia debemos sacar de ello? Es obvio que se trata de «aflojar» en el nivel de variabilidad aceptado en la tensión eléctrica de las pilas (y en general de la característica de calidad de un producto cualquiera), dando como buenas, pilas con valores de dicha tensión que antes estaban fuera de tolerancias. Por ejemplo, sabiendo que están destinados a circuitos con menor sensibilidad o a aplicaciones con menor exigencia aún (iluminación en linternas, sonido de una bocina, etc.).

No cabe duda de que una menor exigencia en los niveles de variabilidad de una característica de calidad conducirá a menor número de fallos, sin variar los procesos y su ejecución y, por tanto, ello facilitará alcanzar niveles muy altos de calidad y, llegado el caso, un nivel *Seis Sigma*. Por tanto, hay que hilar fino a la hora de determinar el nivel de tolerancias de las características de calidad de un producto o proceso, ya que ello puede influir mucho en el nivel de complejidad que supone alcanzar una meta *Seis Sigma*.

Planteada la calidad desde el diseño de los productos, ello puede llevarnos a replantear cuáles deben ser las características de calidad, puesto que al cambiar el diseño, pueden cambiar también. En efecto, ya que los niveles de exigencia pueden variar de unas características a otras, con un diseño robusto (cuyas características de calidad serán menos sensibles) se pueden alcanzar niveles de calidad mucho más elevados… ¡como los exigidos en *Seis Sigma*!

Por tanto, herramientas del mundo de la calidad expuestas en este capítulo, como el QFD, expresamente desarrollada para facilitar el diseño de productos y procesos de forma que se alcancen fácilmente niveles importantes de calidad, el AMFE, desarrollada para prever los defectos ya en la etapa de diseño y poder así evitarlos o el Diseño de Experimentos, herramienta con la que pueden materializarse diseños «robustos», adquieren la mayor importancia en el mundo *Seis Sigma*, facilitando los fortísimos niveles de calidad que exige.

Nivel de calidad y variabilidad

La variabilidad de las características de calidad, sean éstas de tipo variable o atributo es, como venimos insistiendo desde el epígrafe anterior, la fuente de todos los problemas de calidad. La variabilidad es, precisamente, lo que pretende controlar la metodología *Seis Sigma*, no en vano *sigma* se refiere al concepto de desviación típica, una importante medida de la variabilidad.

Ésta se debe, según ya sabemos, a causas especiales, identificables y eliminables, y también a causas comunes, de carácter aleatorio, que solo pueden reducirse, pero no eliminarse. Como ya sabemos, el control de los procesos debe conducirnos a la máxima reducción de éstas últimas, una vez se hayan eliminado las causas especiales.

Por otra parte, la variabilidad puede tener un carácter *esporádico* o bien puede ser *crónica*. El primer caso tiene un tratamiento más sencillo y, además, suele deberse a causas especiales y, por tanto, identificables. La variabilidad de carácter crónico, muy importante ya que suele ser persistente, se debe, por lo general, a causas de tipo aleatorio, no identificables ni erradicables, por lo que su tratamiento consistiría en reducirlas un valores extremadamente bajos, lo que pretende la metodología *Seis Sigma*.

Así pues, será de la mayor importancia, identificar y tratar de controlar las fuentes de variabilidad. Destacaremos entre ellas:

- Diseños poco robustos.
- Errores en el diseño.
- Inestabilidad de la calidad de los materiales.
- Capacidad de máquinas y procesos, insuficiente.
- Sistemas de medida sometidos a variabilidad.
- Preparación inadecuada de las personas involucradas.
- Actitud incorrecta de las personas.

Para reducir la variabilidad de las características de calidad, sea cual sea la fuente de la misma, tal como pretende la metodología *Seis Sigma*, disponemos de herramientas ya conocidas por los lectores de esta obra y a las que nos hemos referido ya en este capítulo. A modo de recordatorio, digamos que son de especial utilidad:

- Las siete herramientas básicas y, en particular, los diagramas (que permiten ahondar en las causas de la variabilidad y, por tanto, de los defectos, debidos a una variabilidad excesiva).
- Las siete herramientas de gestión.
- *Brainstorming* (tormenta de ideas), círculos de calidad o grupos de mejora.
- Despliegue Funcional de la Calidad (QFD).
- Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE).
- Diseño de experimentos.
- Control estadístico de procesos (y, especialmente, lo concerniente al control de la capacidad Cp y Cpk).
- Regresión lineal, análisis de la varianza, gráficos multivariable y otras herramientas estadísticas.

De ellas, las herramientas básicas y de gestión permiten analizar las fuentes de variabilidad en el desarrollo de los procesos y gestionar adecuadamente el nivel de defectos, a fin de mejorarlo. QFD, AMFE y Diseño de Experimentos, en cambio, afectarán más a las fuentes de variabilidad derivadas del diseño y su robustez. Finalmente, el control estadístico de procesos y las herramientas de carácter estadístico, tendrán una clara utilidad de medición de los niveles de calidad y, en consecuencia, serán de interés para la medición del *Nivel Sigma*, a fin de determinar cómo deberemos proceder.

Niveles de defectos de calidad y su coste

Según ha sido ya expuesto, el coste de la no calidad está directamente relacionado con el nivel de variabilidad de los procesos y, por tanto, con el nivel sigma. Asimismo y tal como también hemos constatado anteriormente, este coste puede ser realmente elevado, siendo posible reducirlo mucho si se alcanzan los niveles de excelencia *Seis Sigma*. La determinación del coste derivado de la no calidad, una vez decidido el método de estimación de costes, implica las siguientes acciones:

- Identificar TODAS las actividades que causan la aparición de defectos
- Recogida de los datos de coste necesarios
- Aplicar el método de contabilización del coste y monitorizar debidamente los resultados

El montante de los costes derivados de la no calidad, puede representar entre el 25% y el 40% del coste total, demasiado importante para no ser tenido muy en cuenta. Además este montante está integrado por una gran cantidad de aspectos que generan costes, de los cuales solo una pequeña parte aparece a la vista. Los demás se hallan «ocultos», como ocurre con la mayor parte de un iceberg (véase símil de la Figura 16.30), lo que hace muy importante que el método para la determinación de costes de la no calidad consiga llegar a «todos los rincones» del sistema, donde puedan generarse costes de este tipo, no en vano la gran cantidad de causas ocultas, genera la mayor parte del coste.

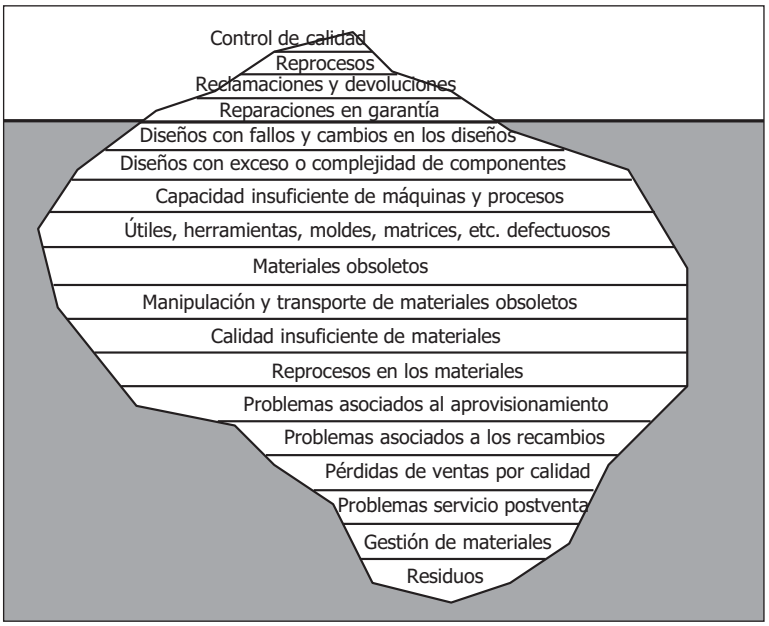


Figura 16.30. Costes de la no calidad que afloran y costes ocultos.

Los costes de la no calidad, por otra parte, puede clasificarse en dos tipos:

- **Inspección**: tareas de control que aseguran que la calidad a todos los niveles (diseño, desarrollo, producción y servicio), se ajusta a los requerimientos de calidad.
  La tendencia actual es *reducir y, aún eliminar* este tipo de costes, haciendo los distintos procesos cada vez mejores y más eficientes y robustos, de forma que no generen dudas acerca de la calidad obtenida.
- **Reparación**: tareas de reprocesado del producto para subsanar los defectos, detectados en los procesos o ya en el cliente. Pueden realizarse con personal y medios internos o externos.
  Este tipo de coste también tenderá a *eliminarse*, pero ello se dará como consecuencia de la ausencia de defectos y, por tanto, un nivel muy elevado de calidad. La metodología *Seis Sigma* logrará este objetivo al eliminar la práctica totalidad de fallos.

Hay un tercer tipo de coste a afrontar, el coste de las actividades de carácter *preventivo*, pero éste no puede considerarse un coste de no calidad, ya que no se dará como consecuencia de fallo alguno; muy al contrario, trata de establecer las condiciones para que no se produzcan fallos a ningún nivel. Este tipo de actividades no trataremos de eliminarlas, al contrario, deberán *promoverse*.

Por otra parte, el importe del beneficio económico de la reducción de costes debe tenerse muy en cuenta, dado que un proyecto *Seis Sigma* implica también unos costes a afrontar, que deben ser conocidos y controlados. Entre otros, incluirán los coses generados por:

- Recogida de datos de los problemas de calidad a afrontar y selección. Información al personal involucrado, del programa y sus objetivos.
- Análisis de los defectos a eliminar y, sobre todo, sus causas.
- Formación de personal para integrarse en un proyecto *Seis Sigma*. En función de la participación de personal propio de la empresa, este coste puede ser elevado.
- Coste de personal consultor externo, en la medida que participen en el programa de mejora.
- Costes de adquirir la experiencia en la orientación de la mejora (*benchmarking*).
- Otros costes de personal involucrado, en especial los salarios que perciben.
- Otros costes del proyecto, tales como software, incentivos sobre objetivos alcanzados, etc.

Metodología *DMAIC* para la implementación de *Seis Sigma*. Personal componente del proyecto y sus roles

La implantación de la metodología *Seis Sigma* persigue, como sabemos, una mejora en el planteo y ejecución de los procesos, tanto a nivel del negocio como a nivel de las áreas funcionales y, en particular, en la producción. Esta mejora pretende, ante todo, que las actividades se lleven a cabo correctamente, rayando la perfección, como también sabemos, pero indirectamente se pretenden otros objetivos y, en especial, mejoras en la productividad, en el tiempo de respuesta y en la satisfacción del cliente, con lo que además se obtendrá una fuerte reducción de las reclamaciones.

En el ámbito del negocio global, la metodología *Seis Sigma* puede mejorar los procesos correspondientes y, teniendo en cuenta los objetivos que acabamos de exponer, en particular puede mejorar la respuesta al cliente, disminuyendo las incidencias de las entregas y mejorando la satisfacción del cliente. Además, puede reducir tiempos y costes en el lanzamiento de productos y desarrollo de los correspondientes procesos. En todos los casos, el coste se verá afectado.

Por lo que se refiere a los procesos productivos, además de cuanto acabamos de decir, es determinante alcanzar una mejora substancial en la capacidad Cp – Cpk de los mismos, tratando de lograr identificar las causas de la variabilidad, para poder controlarla. La mejora en los sistemas de test y de control es otro objetivo importante y, en general, se trata de mejorar al máximo los costes y la eficiencia. En todo caso, es evidente que debe mejorarse la calidad por eliminación de causas de defectos y mejorar la capacidad de respuesta y la productividad, sin olvidar la satisfacción del cliente,… interno.

Todos los objetivos propuestos en un proyecto *Seis Sigma*, deben cuantificarse y controlar el grado en que se asuman finalmente.

Para alcanzar los objetivos aludidos que afectan a la empresa globalmente o a distintas áreas funcionales de la misma, es importante que estas áreas trabajen interconectadas, como lo hacen las modernas organizaciones «planas y horizontales». Las estructuras clásicas, con muchos niveles jerárquicos y mínima comunicación formal entre departamentos, son demasiado rígidas, lentas y fuente de toda clase de errores. Por contra, la creación de equipos de trabajo multidisciplinares (transversales u «horizontales»), facilita la ejecución rápida y correcta de los procesos, cuyo destino es el cliente. Por ejemplo, los departamentos que intervienen en un pedido de un cliente:

VENTAS ➤ PLANIFICACIÓN ➤ PRODUCCIÓN ➤ EXPEDICIONES ➤ FACTURACIÓN

deben estar bien conectados y coordinados para que el proceso global se lleve a cabo de forma ágil, rápida y correcta.

Además, la alta dirección debe ejercer un liderazgo decidido para facilitar esta coordinación e impulsar y dotar de recursos a los procesos y su correcta ejecución. Asimismo, el personal debe estar formado y capacitado pero también motivado (aptitud más actitud).

En un proyecto *Seis Sigma*, junto a la dirección, juegan un papel importante los *sponsors* (*champions*), los colaboradores y otros miembros del equipo *Seis Sigma* y, desde luego el personal técnico (*green belts*, *black belts* y *master black belts*).

Los *sponsors* buscan y proponen posibles proyectos *Seis Sigma*, movilizando a quien pueda estar involucrado para que se lleve adelante. Los colaboradores y otros miembros tienen un papel de soporte con su experiencia, en cualquier aspecto en que puedan intervenir, no necesariamente relacionado con la propia metodología *Seis Sigma*. De los miembros del equipo han de surgir, sin embargo, los futuros expertos, entre ellos los *green belts*, primer eslabón en la categoría técnica que luego irá hacia *black belt* y *master black belt*, cuyo conocimiento de *Seis Sigma* es mayor.

El *champion* tiene un papel realmente importante, ya que es responsable de identificar áreas o procesos en los que sea conveniente proyectos *Seis Sigma*. A partir de ahí debe involucrar a las personas que pueden proponer y seleccionar los proyectos, revisando personalmente las propuestas, así como los objetivos y el beneficio económico previsto. También tiene un papel importante en la disponibilidad de los recursos necesarios para el proyecto y para que la mejora obtenida con el mismo acabe siendo una realidad allí donde se precisa.

Los colaboradores, a su vez, tienen entre otras cosas, la misión de cooperar con el proyecto, llegando a coordinar las tareas a llevar a cabo, con personal de distinta procedencia a tenor de tales tareas. Los colaboradores deberían tener un perfil que, como mínimo, incluyera un conocimiento de las herramientas *Seis Sigma*, en especial las fundamentales, siendo recomendable un nivel mínimo de *green belt*.

El nivel al que se desenvuelven en su papel, los *champion*, los colaboradores y, en general, las personas con responsabilidades en el desarrollo de los proyectos, queda evidenciado por los resultados obtenidos, la información difundida (que

incluye los resultados) y también por medio de la supervisión del director del proyecto.

El desarrollo de los proyectos *Seis Sigma*, a partir de la estructura y personal componente de los mismos, cuyo papel hemos expuesto, se lleva a cabo por medio de un proceso denominado DMAIC, ya citado anteriormente, cuyas etapas incluyen las siguientes tareas:

- **Definir** el proyecto a abordar, seleccionando entre los planteados y elegir el equipo 6σ.
- **Medir** los parámetros que cuantifican el problema, a fin de abordar su solución, documentando y validando las mediciones.
- **Analizar** el problema y sus causas. Analizar los parámetros determinantes del problema y las posibles correlaciones entre ellos.
- **Mejorar** la situación planteada en el proyecto por medio de la solución que se elabore, identificando los parámetros clave de la solución. El diseño de experimentos, como ya se ha dicho, puede ser una herramienta importante en esta etapa.
- **Controlar** la correcta implantación de la solución y sus resultados. Es importante plantear el proceso completo de control, identificando los parámetros a controlar y el sistema de medida y monitorizando adecuadamente la obtención de resultados. Entre los aspectos clave a controlar, debe tenerse especial atención con los relacionados con la capacidad de los procesos. Asimismo, el beneficio obtenido es un parámetro clave.

En las etapas de mejora y control, es donde se alcanza el grueso de los beneficios económicos del proyecto.

Como conclusión, la metodología y proyectos *Seis Sigma* suponen una actuación cuyo objetivo es alcanzar niveles de calidad que rayan la perfección (3,4 ppm) y hacer extensivos tales objetivos de excelencia a todas las áreas de la actividad de una empresa o negocio. Por ello, *Seis Sigma* es una metodología que, más que generar nuevas herramientas, implica una organización férrea, compleja y disciplinada, que utiliza las herramientas de la calidad expuestas en este capítulo, de una forma y a unos niveles realmente sorprendentes.

16.17. LA CALIDAD EN LOS SERVICIOS. METODOLOGÍA SERVQUAL

La correcta gestión de la empresa, orientada a la calidad, a la eficiencia, a la rapidez y a los bajos costes, supondrá *tomar como punto de partida de toda actividad empresarial y sus procesos, el cliente final de los productos y servicios de la empresa y sus requerimientos*, y disponer la organización adecuada para que toda esta actividad esté directamente encaminada a satisfacerlos rápida y eficazmente.

Para aplicar lo anterior, será conveniente una estructura organizativa «horizontal», con pocos niveles jerárquicos, en la que los departamentos y personas no solo dependerán de su superior, sino también de su conexión horizontal con otros departamentos y personas por medio de los procesos que los involucran, que incluyen las

actividades a llevar a cabo desde la recepción de la orden de compra hasta la distribución y el servicio al cliente. Evidentemente, esta estructura es más ágil y dirigida a los objetivos que interesan, que una estructura jerárquica, esencialmente «vertical», en la que las cosas se hacen sin saber exactamente para qué sirven, al recibir la carga de trabajo del superior jerárquico.

La calidad resultante de los procesos dirigidos al cliente y a sus requerimientos, debe ser evaluada en tres aspectos:

- Calidad *requerida por el mercado* potencial de la empresa y sus procesos.
- Calidad *requerida por los clientes* reales de la empresa y sus procesos.
- Calidad *percibida* por los clientes actuales de los productos de la empresa.

Esta última debería ajustarse a la que la empresa suministra al cliente, pero esto depende de la *percepción* que tenga el cliente de la calidad, que suele ser diferente.

De todas las actividades objeto de los sistemas productivos, los servicios se hallan especialmente vinculados al cliente y sus preferencias. Los servicios al cliente están presentes en muy alta proporción en las actividades empresariales, tanto en actividades plenamente dedicadas a los servicios, como en los servicios que prestan las empresas con actividad industrial. Por esto, la calidad adquiere, si cabe, mayor importancia en los servicios.

Como diferencias entra la producción de servicios y la de productos industriales, podemos remarcar las siguientes, recordando aspectos que ya fueron tratados en el capítulo dedicado especialmente a la producción de servicios:

- Intangibilidad de los servicios: se puede afirmar que los servicios son prestaciones y experiencias en contraposición con los objetos. Para definir los requisitos de un servicio se requiere un proceso más laborioso.
- Heterogeneidad de los servicios: los servicios pueden requerir una elevada participación de las personas y, en tal caso, la forma en que se lleva a cabo la prestación varía fácilmente de un día a otro.
- Inposibilidad de separar la elaboración y el consumo: en el mundo de los servicios, el producto se produce al mismo tiempo que se consume por el cliente. Como dijimos, el proceso productivo se confunde con el producto.

El conjunto de estos tres factores hace que el usuario o cliente evalúe el servicio de una manera diferente a los productos, haciendo que para la empresa suministradora sea más difícil comprender los criterios de evaluación que utilizan los usuarios.

Según las normas *ISO*, varias son las razones para prestar una especial atención a la calidad de los servicios, entre las que se cuentan:

- Mejorar la prestación del servicio y la satisfacción del cliente.
- Mejorar la productividad, la eficacia y reducir costes.
- Mejorar el mercado.

Ello supondrá realizar un esfuerzo especial para *gestionar los procesos sociales* del servicio, considerar las *interacciones humanas* como un elemento esencial de la calidad del servicio, *desarrollar las competencias y aptitudes* del personal y

motivar al personal para la mejora de la calidad y a alcanzar las expectativas del cliente.

En los servicios, para definir los requisitos no siempre se puede hablar previamente con el cliente, de modo que la calidad puede estar muy orientada a igualar o sobrepasar las expectativas que el cliente tiene respecto al servicio. Por ello puede ser muy interesante analizar cuáles son los factores que influyen en las expectativas de los clientes:

- Comunicación cliente-cliente: se trata de la información que transmite un cliente antiguo a un cliente potencial al comunicarle sus experiencias sobre un determinado servicio.
- Necesidades personales: los deseos de los clientes varían, por las diferencias de personalidad de los mismos.
- Experiencias anteriores: las expectativas se modifican al contratar de nuevo un servicio, ya que el cliente siempre espera más, como por ejemplo en el trato, amabilidad y cortesía.
- Comunicación externa: es la comunicación que ofrecen las empresas a los clientes, por ejemplo, en forma de publicidad (mensaje directo) o por la apariencia de las oficinas (mensaje indirecto).

El precio del servicio es una característica que complementa cada uno de los otros factores. El cliente valorará este precio en función de la tarifa y las expectativas que se le ofrezcan.

Los servicios tienen sus propios criterios de evaluación, que se pueden resumir en los que siguen:

- *Elementos tangibles:* disponibilidad de instalaciones físicas, oficinas, equipos, personal y materiales de comunicación.
- *Capacidad de respuesta:* habilidad del proveedor para realizar el servicio con calidad y rapidez y disposición para ayudar a los clientes
- *Profesionalidad:* posesión de las capacidades requeridas y conocimiento de la realización del servicio.
- *Cortesía:* atención, consideración, respeto y amabilidad del personal que trata el cliente.
- *Seguridad:* inexistencia de peligros, riesgos o dudas.
- *Accesibilidad:* capacidad de un servicio de ser accesible y fácil de contactar.
- *Comunicación:* mantener a los clientes informados utilizando un lenguaje que puedan entender, así como saber escucharlos.
- *Comprensión:* esfuerzo para conocer al cliente y sus necesidades.

Siempre que no se cumplan las expectativas del cliente se producirán deficiencias en los servicios que derivarán en desviaciones entre lo que la empresa ofrece y lo que lo cliente espera, tal y como ya se vio a propósito de la cadena logística.

Medición y control de la calidad en los servicios: metodología *Servqual*

Parasuraman y Berry desarrollaron una metodología especial para el control de la calidad en los servicios. Esta metodología está relacionada con la diferencia entre las *expectativas* del usuario del servicio y la *percepción* obtenida con el mismo; dicho de otra manera, la diferencia entre la idea que el usuario se había hecho del servicio y lo que finalmente cree haber obtenido. Con un nivel de calidad de servicio correcta, esta diferencia debería ser nula. Si esta diferencia es positiva, el servicio habrá defraudado de una manera u otra, mientras que en caso contrario, habrá sorprendido gratamente.

Para medir adecuadamente el nivel de calidad de los servicios, abarcando todos los aspectos a tener en cuenta, Parasuraman y Berry proponen en su modelo, tomar ambas medidas para una serie de magnitudes.

Vamos a ilustrar el modelo sobre un caso de servicio: el de *check–out* en un establecimiento hotelero, cuando los clientes deciden abandonar el hotel, caso que ya fue objeto de análisis en el capítulo dedicado a los servicios, para ilustrar la aplicación del Mapa de Flujo de Valor, en los procesos de servicio. Utilizaremos los mismos datos de aquel caso, así como los valores obtenidos por cálculo en aquella ocasión.

El proceso, recordemos, incluye ir al mostrador, devolver la llave y solicitar y pagar la correspondiente factura, tareas agrupadas en tres operaciones cuyos tiempos iniciales de persona y máquina, eran:

Operación	**Tiempo empleado**	**Tiempo máquina**
Atención cliente	90 seg.	—
Facturación	90 seg.	150 seg.
Pago	120 seg.	90 seg.
T O T A L E S:	**300 seg.**	**240 seg.**

Eligiendo ahora catorce de las magnitudes del modelo *Servqual*, las adecuadas para el caso que nos ocupa y ajustadas al mismo, se ha llevado a cabo una encuesta entre los clientes del hotel, con el resultado ilustrado en la tabla de la Figura 16.31. En ella, se han introducido las catorce variables en sendas filas de la citada tabla, en un orden ajustado a las expectativas medias resultantes de las encuestas (valoradas entre 0 y 5) y, dentro de las que presentan el mismo nivel de expectativas, se han ordenado de acuerdo con el nivel de percepción medio resultante.

Magnitud Servqual	CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DE LA SATISFACCIÓN DEL CLIENTE	Expectativas (1 – 5)	Percepción (1 – 5)	Deficiencia (diferencia)	FALLOS calidad	IND. GRAVEDAD (AMFE) Dif. Positiva x 2
1	Eliminación de las colas de espera	5	1	**4**	SÍ	**8**
2	Rapidez en la prestación del servicio	5	2	**3**	SÍ	**6**
3	Servicio sin errores (a la primera)	5	3	**2**	SÍ	**4**
4	Empleados capacitados para informar	4	2	**2**	SÍ	**4**
5	Empleados dispuestos a ayudar	4	3	**1**	SÍ	**2**
6	Funcionamiento correcto de los equipos	4	3	**1**	SÍ	**2**
7	Atención y amabilidad de empleados	4	4	**0**	NO FALLOS	---
8	Seguridad de las instalaciones	4	4	**0**		---
9	Interés entidad resolver temas clientes	3	3	**0**		---
10	Información de la factura, clara	3	3	**0**		---
11	Facilitar medios de pago especiales	3	4	**-1**		---
12	Empleados transmitan confianza	3	4	**-1**		---
13	Informaciones complementarias viajes	2	3	**-1**		---
14	Aspecto de la recepción e instalaciones	2	4	**-2**		---

Figura 16.31. Tabla de valores de expectativas y percepción según el modelo Servqual.

Como se observará en la citada figura, hay seis magnitudes (sobre fondo gris), cuyas expectativas superan al nivel de percepción. Son:

- Las colas a realizar frente al mostrador, para recibir el servicio.
- La rapidez y, por tanto, diligencia en la prestación del servicio.
- La realización de dicha prestación sin errores (cargos incorrectos, etc.).
- La capacidad de los empleados para informar al cliente (informar sobre medios de transporte, hacer nuevas reservas, etc.).
- Empleados dispuestos a ayudar (llamar un taxi, etc.).
- Funcionamiento correcto de los equipos (impresora para imprimir la factura, etc.).

Según se desprende de la tabla, la existencia de colas para recibir el servicio, junto a la diligencia de su prestación, son los aspectos peor valorados para el cliente, mientras que el aspecto de las instalaciones, que tanto preocupa a los propietarios del establecimiento, poco inquieta al usuario o, por lo menos, sus expectativas están por debajo de la percepción.

En la última columna de la tabla de la Figura 16.31, se determina la diferencia Expectativas - Percepción (multiplicada por dos, para operar sobre la base 10), con el índice de gravedad de un AMFE. Realmente, se puede decir que esta diferencia es una medida directa de la gravedad del fallo. Por otra parte, el AMFE será la herramienta —ya conocida por el lector— que se utilizará en este caso para mejorar la calidad en los aspectos detectados como mejorables.

Para abordar las mejoras necesarias, con el fin de resolver los problemas de calidad detectados (los seis primeros aspectos que contempla la tabla de la Figura 16.31), se ha elaborado una tabla con los datos de cada uno de estos seis aspectos, y los objetivos a alcanzar para el nivel de calidad. La tabla de la Figura 16.32 muestra estos valores.

Fallos calidad	Aspectos/magnitudes involucradas	Sit. actual	Objetivo
1. Colas	Nº personas máximo en cola al inicio procesos	5 pers.	0
	Tiempo cola máximo al inicio de los procesos	7,5 min.	0
	Tiempo cola máximo dentro de los procesos	20 min.	0
2. Lentitud	Tiempo de proceso servicio total por persona	Hasta 32 min.	5 min.
	Tiempo ciclo por persona (ciclo cuello botella)	4 min.	1,6 a 5 min.
	Productividad del servicio	15 pers./h.	12 a 36 pers/h
	Tiempos perdidos por puestos de trabajo	Proc./Eq./Esp.	0/0/0
	Paros no programados o ritmo inferior a fijado	+ 20% ciclo	0
3. Errores	Fallos en las operaciones del servicio	4%	0,25%
	Implantación TQM con orientación al cliente	NO	SÍ
	Formación, capacitación y experiencia	Nivel básico	Completa
4. Información	Fallos en la respuesta de información	5%	0,75%
	Formación, capacitación y experiencia	Nivel básico	Completa
	Difusión de la asignación de competencias	Organigrama	Estandarizada
5. Ayuda	Reclamaciones por falta de asistencia	5%	0,35%
	Aspectos de motivación del personal	No específico	Plan especial
6. Fallos equipos	Fallos equipos durante el proceso	1%	0,02%
	Introducción Mantenimiento Preventivo	NO	SÍ
	Introducción Mantenimiento Autónomo	NO	SÍ

Figura 16.32. Datos y objetivos para los distintos fallos de calidad en el servicio.

Así por ejemplo, para el fallo principal (colas para recibir el servicio), se ha averiguado el número máximo de personas que realiza cola para recibir el servicio, que ha resultado ser de cinco (supondremos que, alcanzado este número, la empresa pone más personal para atender a los clientes) y el tiempo máximo que supone esta cola, siete minutos y medio (cinco personas por delante de la última de la cola, una de ellas recibiendo ya el servicio, a minuto y medio de proceso cada una en la primera operación). El tiempo de cola dentro del servicio, veinte minutos, lo hemos tomado directamente del Mapa de Flujo de Valor de este mismo caso, en el capítulo dedicado a los servicios, aunque provendría de un cálculo similar al de la cola inicial, pero con el tiempo del proceso de facturación (el cuello de botella), en lugar del proceso de atención al cliente (cinco personas a cuatro minutos cada una).

El tiempo de cola a realizar en pleno servicio es debido a que, inicialmente, el proceso se lleva a cabo en un entorno de gestión tradicional, con empleados especialistas, cada uno a cargo de una operación (para «descongestionar», cuando, en realidad, justamente se logra lo contrario, por falta de balanceado de las tareas de los distintos empleados).

Como no podría ser de otra manera, en la columna de los *objetivos* (derecha y con fondo gris), el número de personas y la cola a realizar, será siempre cero. Una correcta implantación *Just in Time*, con personal polivalente balanceado, ha de permitir lograr tales objetivos. De la misma forma, por ejemplo, han de mejorar ostensiblemen-

te el tiempo máximo de proceso del servicio, 32 minutos, que ha de quedar reducido a los 300 segundos o 5 minutos de actividades reales de los empleados, valores ambos que constaban ya en el caso desarrollado en el capítulo dedicado a los servicios. El tiempo de ciclo por persona, el del cuello de botella, inicialmente de 240 segundos u 8 minutos, quedará en los 5 minutos ya comentados, si toda la operativa la lleva a cabo un solo empleado y puede llegar a tan solo 5/3 = 1,6 minutos, con tres empleados. Todo ello supone que la capacidad productiva pasará de 15 personas hora (con un ciclo de 4 minutos) a una de carácter flexible, según la afluencia de clientes, entre 12 y 36 (con ciclos de 5 a 1,6 minutos). Respecto a los tiempos perdidos, de diversa índole, los perdidos en el propio proceso (Proc.), los debidos a los equipos de producción (Eq.) o los debidos a esperas derivadas de desequilibrios (Esp.), todos ellos han de reducirse a cero, sin más.

De la misma forma, el lector puede observar los datos y objetivos restantes del cuadro de la Figura 16.32, que ya no son frutos de cálculos, sino de situaciones constatadas.

Por otra parte y, puesto que para abordar las mejoras propuestas se utilizará la herramienta AMFE, necesitamos nuevos datos para conocer las probabilidades relacionadas con los índices utilizados en los AMFE. Concretamente, se han establecido los siguientes controles (necesarios para determinar el índice de *detección* del AMFE), vigentes en la situación inicial:

- Por parte del responsable de la recepción:
  - Cuando haya más de cinco personas esperando recibir el servicio, pondrá una o más personas para dispensar el servicio.
  - Comprobará que no haya recepcionistas parados, dos veces al día.
  - Comprobará la productividad de los servicios prestados, dos veces al día.
  - Comprobará el ritmo de las operaciones y la capacitación del personal, una vez al día.
  - Comprobará el suministro del material necesario para el proceso y sus equipos, una vez al día.
- Por su parte, el responsable de mantenimiento, en la situación inicial:
  - Tiene un registro de las necesidades de mantenimiento preventivo de los equipos.
  - De acuerdo al mismo, revisa al finalizar cada temporada (2 veces al año), el funcionamiento.

Por otra parte, la planificación de las reuniones del equipo AMFE prevén una reunión de todo el equipo cada semana, con una duración de dos horas como mínimo.

Por lo que hace referencia a la ocurrencia de los fallos, se han efectuado estadísticas durante un periodo de tiempo previo a la puesta en marcha del AMFE, con los siguientes resultados:

- Frecuencia de fallo de algún equipo durante proceso:
  Situación de partida: 1 de cada 100 servicios (clientes) tiene fallo: Frecuencia = 1% (repartido entre ordenador con un 0,75% y sistema de telepago, con un 0,25%)
  Situación final: según objetivos: fallos: 2 de cada 10.000: Frecuencia: = 0,02%

- Frecuencia de errores humanos durante el proceso:
  Situación inicial: 1 de cada 25 servicios (clientes) tiene un fallo: Frecuencia = 4%
  Situación final: según objetivos: Frecuencia: = 0,25%
- Frecuencia de bajo rendimiento humano por falta de capacitación:
  Situación inicial: durante el 10% de la ciclo (curva de experiencia): Frecuencia = 10%
  Situación final: según objetivos: Frecuencia = 0,25%
- Frecuencia de falta de respuesta de empleado a petición de información:
  Situación inicial: 1 de cada 20 solicitudes. Frecuencia = 5% (a repartir entre las causas: falta de formación: 2%; desconocer competencias: 2%; no interpretar cliente: 1%)
  Situación final: según objetivos: Frecuencia = 0,75% (a repartir entre: falta de formación: 0,25%; desconocer competencias: 0,25%; no interpretar cliente: 0,25%)
- Frecuencia de falta de ayuda solicitada por cliente:
  *Situación inicial:*1 de cada 40 clientes reclama (y reclaman 1 de cada 2 no ayudados): Frecuencia = 2,5% x 2 = 5% (de este 5%, en un 40% de los casos (2% del 5%) el problema es de falta de tiempo)
  Situación final: según objetivos: Frecuencia = 0,35% (a repartir en un 0,1% por falta de tiempo y un 0,25% por falta de motivación)

Los datos recogidos permiten determinar las ocurrencias de los fallos detectados por los clientes, en lo referente a colas y lentitud:

- Colas de espera de personas al inicio del servicio:
  Se recibe un total 240 personas/día, una cada cinco minutos de promedio, con cantidades variables según las franjas de tiempo.
  En la *situación de partida*, el tiempo de ciclo por cliente servido es, según sabemos, de 4 minutos, lo que supone una capacidad total de 15 personas/hora. Este ritmo se ve superado en 16 de las 20 franjas horarias (todas de una hora, excepto desde las veintidós horas hasta las seis que se considerarán de dos horas, por la baja afluencia de clientes que se van del hotel):
  Frecuencia de fallo = 16/20 = 80%
  En la *situación final* con la flexibilidad y una capacidad de 36 clientes hora, supondremos que, aún así, este ritmo puede verse superado en 2 de las 20 franjas horarias.
  Frecuencia fallo = 2/20 = 10%

- Colas de espera de personas durante el servicio:
  En la *situación de partida*, supondremos que se da la misma tasa de franjas horarias no cubiertas por el ciclo de la operación de facturación: 16 de 20 horas de la franja. Solo las cuatro nocturnas, no superan las 15 personas/hora de capacidad:
  Frecuencia de fallo = 16/20 = 80%
  En la *situación final*, sabemos que solo podría haber cola antes del proceso, ya que éste está totalmente balanceado, con personal polivalente y, en muchas

ocasiones, una sola persona realiza todo el proceso (lo que imposibilita las colas en pleno proceso).
Frecuencia de fallo = 0%

- Lentitud en el desarrollo del proceso:
  Situación de partida: Oscila desde 32 minutos (colas en todas partes) a los 9 minutos del proceso completo sin más esperas que la de los empleados a que acaben las máquinas. Consideraremos que por la afluencia desequilibrada de clientes según la franja horaria, se dan los mismos porcentajes de fallos, es decir, procesos más lentos de lo debido por alguna cola:
  Frecuencia del fallo = 80%
  Frecuencia de tiempos perdidos = 100% por desequilibrios (las esperas de máquina y cualquier otra, se solapan con los desequilibrios que causan colas)
  Situación final: objetivo = 5 minutos. Se cumple siempre (no hay colas en proceso, solo alguna antes)
  Frecuencia fallo = 0%
  Frecuencia de tiempos perdidos = 0%

Todo lo que no se ajuste a los objetivos que han sido fijados, constituirán fallos de calidad, siendo el objetivo final del caso, pasar de 1,46 fallos por cliente (349 fallos / día), a tan solo 0,02 fallos por cliente (4 fallos / día). Los datos de fallos actuales serán obtenidos más adelante, lo mismo que los que conforman el objetivo final.

A partir de ahí ya podemos llevar a cabo el correspondiente AMFE, para lo que partiremos de las tablas de los tres índices (frecuencia, gravedad y detección) que se precisan, que mostramos en la Figura 16.33. Las tres tablas valoran, como es habitual en los AMFE, los índices de 0 a 10. En la tabla de frecuencia, el coeficiente varía con la probabilidad de ocurrencia, en forma logarítmica, algo también muy frecuente. Para la gravedad, se han tenido en cuenta los índices derivados del análisis según el método *Servqual* de la tabla de la Figura 16.31. Finalmente, la detección presenta unos índices que varían al mismo ritmo que las probabilidades y que, a falta de otro argumento para cada índice, se han acompañado de las características que permiten identificar cada situación de control.

Podemos ya proceder a la elaboración del correspondiente AMFE, en su primera etapa, sobre el documento de la Figura 16.34, documento cuyo original fue presentado en la Figura 16.18. En ella, además de los datos de cabecera (tipo de AMFE, proceso sometido a examen, responsable, equipo, fecha), en la primera columna del cuerpo del documento se hallan los atributos del proceso sometidos a mejora, los seis que ya se mostraron en la Figura 16.31. Las columnas que siguen, muestran los efectos de los fallos, el modo de cada fallo y sus posibles causas (que pueden ser varias para cada uno); las causas aparecen en la última de estas columnas, ya que es lo que debe analizarse, tratando de eliminarlas, una a una, en las columnas que seguirán. Dejamos para el lector la relación completa de efectos, modos de fallo y causas, ya que no muestran dificultad alguna para su comprensión.

Tabla del coeficiente de frecuencia

Coeficiente	Probabilidad de fallo	
1	Hasta	0,0001
2		0,00025
3		0,001
4		0,0025
5		0,01
6		0,025
7		0,1
8		0,25
9		0,8
10		1

Para operaciones:
Colas: Probabilidad de que haya cola en un momento.
Tiempo de proceso: probab. de rebasar el tiempo fijado.

Tabla del coeficiente de gravedad (del modelo de las deficiencias)

Coeficiente	Características identificativas	Crítico
1	Nivel expectativas - nivel percepción < 1	
2	Nivel expectativas - nivel percepción = 1	
3	Nivel expectativas - nivel percepción > 1 y < 2	
4	Nivel expectativas - nivel percepción = 2	
5	Nivel expectativas - nivel percepción > 2 y < 3	
6	Nivel expectativas - nivel percepción = 3	
7	Nivel expectativas - nivel percepción > 3 y < 4	
8	Nivel expectativas - nivel percepción = 4	*
9	Nivel expectativas - nivel percepción > 4 y < 5	*
10	Nivel expectativas - nivel percepción = 5	*

Tabla del coeficiente de no detección

Coeficiente	Características identificativas	Probabilidad no detección	
1	Detección segura si aparece el fallo	De 0% a	2%
2	Detección casi segura por consulta normas al operar o con *check-list*	Más de 2% a	12%
3	Detección muy probable por inspección visual al 100%	Más de 12% a	22%
4	Detección bastante probable por consulta normas al operar o con *check-list*	Más de 22% a	32%
5	Detección probable por inspección visual al 100%	Más de 32% a	42%
6	Detección probable por consulta normas al operar o con *check-list*	Más de 42% a	52%
7	Detección poco probable por inspección visual al 100%	Más de 52% a	62%
8	Detección poco probable por consulta normas al operar o con *check-list*	Más de 62% a	72%
9	Detección muy poco probable por inspección visual al 100%	Más de 72% a	82%
10	Si aparece el fallo no se detectará en absoluto	Más de 82% a	100%

Figura 16.33. Tablas de valores para los índices a utilizar en el AMFE.

A.M.F.E de **DISEÑO PRODUCTO:** ☐ **DISEÑO COMPONENTE:** ☐ **PROCESO:** X **SISTEMA:** ☐

Descripción: *Check Out* (Facturación, cobro y despedida de clientes que abandonan el hotel)
Responsable: Director hotel
Equipo de desarrollo: D. Hotel, D. Relaciones Públicas, D. Personal, R. Mantenimiento y Seg., R. Recepción y D. Compras

QFD vinculado:
Fecha: 24 Marzo 2000
Hoja: 1 de

Ref.	ATRIBUTO u OPERACIÓN del PROCESO	EVALUACION DE LA SITUACION ACTUAL: ANALISIS DE FALLOS: Efecto	Modo	Causa	PREVISIONES DE CONTROL	Coeficientes F	G	D	PCF= FxGxD	Orden y critic.	ACCIONES CORRECTORAS	SITUACION RESULTANTE: Plazo ejec.	Respons.	Coeficientes F	G	D	PCF= FxGxD	FALLOS QUE LLEGAN AL CLIENTE: Probabilidad ACTUAL F	D
											ACCIONES CH Y R y:								
1	Colas espera servicio	Personas esperan	Cola a inicio del servicio	Capacidad proceso baja	5 personas » más personal	9	8	3	216	*3**	Replantear procesos con	10 mes	R.Recep.	7	8	2	112	0,8	0,22
		Personas pierden su tiempo		(ciclo del proceso excesivo)	No						criterios *Lean - JIT*								
			Cola entre operaciones serv.	Proceso desequilibrado	No	9	8	3	216	*3**	*Lean - JIT*			1	8	2	16	0,8	0,22
			Paros no programados	Fallo en alguno de los equipos	R.Mantenim: 2 veces año	5	8	3	120	*10**	Implantar TPM (MA y MP)	18 mes	R.Mant.	2	8	1	16	0,01	0,22
				Errores en las operaciones	No (Reclamación cliente)	7	8	4	224	*2**	Autocontrol o ctrl sucesivo	3 mes	R.Recep.	5	8	2	80	0,1	0,32
											(dentro de programa TQM)	24 mes	(Director)						
2	Lentitud prestación servicio	Servicio demasiado largo	Tiempo de operaciones largo	Tiempo de proceso excesivo	No	9	6	6	324	*1*	Replantear procesos con			1	6	2	12	0,8	0,52
		Personas deben esperar		(capacidad de proceso baja)	5 personas » más personal						criterios *Lean - JIT*								
			Esperas puestos de trabajo	Tiempos perdidos	Resp.recepción:2 veces día	10	6	3	180	*6*	*Lean - JIT*			1	6	2	12	1	0,22
			Ritmo operac. debajo normal	Capacitación del personal	Resp.recepción:1 vez día	7	6	5	210	*5*	Plan de formación intensivo	12 mes	Director	4	6	2	48	0,1	0,42
3	Servicio con errores	Resultado incorrecto a cliente	Operaciones con errores	Control inexistente op. a op.	No (Reclamación cliente)	7	4	4	112	*13*								0,1	0,32
		Posible daño a cliente		Falta de organización y orden	No	9	4	3	108	*14*								0,8	0,22
				Falta de formación y capacit.	No	7	4	5	140	*8*								0,1	0,42
4	Empleados no capacitados	Cliente no obtiene información	Empleado no sabe como inf.	Falta de formación	No (Reclamación cliente)	6	4	5	120	*10*								0,025	0,42
	para informar a clientes	Cliente no puede decidir		Desconocer competencias	No	6	4	6	144	*7*								0,01	0,52
			Empl. informa incorrectamente	Error al interpretar cliente	No (Reclamación cliente)	5	4	6	120	*10*								0,025	0,52
																		0,01	0,52
5	Empleados poco dis-	Cliente se siente desamparado	Empleado no atiende cliente	No dispone de tiempo/medios	No (Reclamación cliente)	6	2	8	96	*15*								0,025	0,72
	puestos a ayudar a cliente	Cliente perjudicado		No está motivado	No (Reclamación cliente)	7	2	9	126	*9*								0,1	0,82
6	Fallos en el funcionamiento	Cliente no puede pagar	Equipo informatico no funciona	Avería	R.Mantenim: 2 veces año	5	2	3	30	*17*								0,01	0,22
	de los equipos	Cliente no obtiene la docum.		Falta algún suministro	Resp.recepción:1 vez día	5	2	5	50	*16*								0,01	0,42
			Sistema de telepago no cobra	Avería	R.Mantenim: 2 veces año	4	2	3	24	*18*								0,0025	0,22
				Línea telefónica bloqueda	No	4	2	3	24	*19*								0,0025	0,22

Acciones complementarias:
- ***CH:*** *Chequeo por el responsable de la recepción, una vez al mes, de que cada empleado realiza su trabajo según el estándar de operaciones previsto.*
- ***R:*** *Reuniones diarias de diez a quince minutos minutos de duración, para revisar losproblemas del día anterior y tomar contramedidas.*

Nº Causas-modos evaluados: Inicial »	19	Coeficiente medio de fallos: Inicial »	136
Nueva »	7	Nueva »	42

FALLOS DE CALIDAD QUE LLEGAN A LOS CLIENTES:	146%
TOTAL DE FALLOS POR CLIENTE:	1,46

Figura 16.34. AMFE de la situación inicial y mejoras prioritarias.

Las columnas que siguen a la que contiene la relación de causas de fallos, son las que permiten valorar dichas causas con los índices de las tablas: frecuencia, gravedad y detección. Los valores no hay más que buscarlos en las tablas, con los datos del caso que hemos estado exponiendo. Así, por ejemplo, la cola al inicio del proceso hemos visto que tiene una frecuencia del 80% de los casos; en la tabla de frecuencias, el 80% (probabilidad = 0,8) corresponde al índice 9 y éste es el valor que hemos situado debajo de la columna F (frecuencia). Respecto a la gravedad, la hemos valorado en 8, bajo la columna G, porque este es el valor que nos daba la tabla de la Figura 16.31. Respecto a la detección, se ha establecido un 3 como valor, bajo la columna D que, según la correspondiente tabla, se da en el caso de «inspección muy probable por inspección visual al 100%». Creemos que este es el caso, ya que aunque parezca que visualmente podemos detectar con total seguridad si hay personas haciendo cola, puede haber alguna persona que «haga cola» pero no situada en ella, sino hablando con otra, cerca de la cola. Por tanto, dejamos el control en «muy probable».

Los valores correspondientes a los índices de las causas que siguen a la primera, se determinan de forma similar y dejamos asimismo para el lector que se ejercite en la elaboración de un AMFE, comprobándolos a partir de los datos del caso, tal como acabamos de hacer para la primera causa. Los valores en vídeo inverso son los que corresponden a situaciones cuyos índices ya han sido determinados para otro fallo (la misma causa).

El paso siguiente consiste en multiplicar entre sí los coeficientes de cada causa, para hallar el PCF (prioridad a la corrección de fallos), valor a partir del cual se determinarán las causas de fallos a eliminar de forma prioritaria, además de las de tipo crítico, en nuestro caso, las que presentan una gravedad igual o superior a 8, todo ello según se expuso a propósito de la metodología AMFE. La columna que sigue, las de «Orden y críticos», ordena las causas por su PCF y muestra un asterisco en las críticas.

A continuación debemos decidir dónde «cortamos» en el valor del PCF, habiéndolo hecho a partir de 180, junto con los fallos críticos, lo que nos lleva a elegir las causas cuyo orden es igual o inferior a la 6 y, además, la 10 que es crítica. Como podrá observar el lector, éstas se centran en los dos primeros atributos, los peor valorados en el método *Servqual*, centrados, a su vez, en los aspectos de tiempos perdidos y lentitud. Por ello, las columnas que siguen, en las que se proponen soluciones —resultantes de las reuniones del equipo AMFE—, dichas soluciones se centran en la implantación de un sistema JIT, además de planes de formación y también un sistema de mantenimiento TPM, para prevenir los paros y averías en los equipos. Además de ello (véase la parte inferior izquierda de la Figura 10.35), se proponen dos medidas adicionales que serán de gran interés para estos y otros fallos: CH: comprobar que los empleados siguen el método estándar para la realización de sus tareas y R: Reunión de 10 minutos cada día para revisar los problemas del día anterior y adoptar contramedidas.

Las columnas de la derecha del documento AMFE muestran, además de las medidas correctoras, el plazo de implantación previsto y el responsable. Además, se determinan los nuevos coeficientes, junto al nuevo PCF, que permitirán evaluar el efecto de las mejoras (los índices de gravedad no han sido modificados, pues consi-

deraremos que cada tipo de fallo sigue siendo tan grave como antes; lo importante es que no ocurra y que se pueda detectar).

Hemos añadido dos columnas al final con la leyenda «fallos que llegan al cliente» en cabecera. En ellas se disponen los valores de F y D, pero no como índices con valores de 0 a 10, sino la probabilidad que representan, en tanto por uno. Su producto será la probabilidad de que se dé la causa para que exista el fallo, por la probabilidad de que no sea detectado, es decir, la probabilidad de que el cliente reciba el fallo. La suma de estos productos, para todas las causas, dará el total de fallos que llegan al cliente, en tanto por uno, todo ello para la situación inicial, ya que se ha calculado sobre los datos de probabilidades iniciales. Como puede observarse, el total de fallos es de 1,46, como ya adelantamos en su momento (recordemos que entonces se dijo que se pretendía llegar a tan solo 0,02 fallos por cliente.

Como éste no es aún el caso, habrá que proceder con una segunda remesa de causas de fallos, rebajando el nivel de PCF a analizar, pero antes, mostramos en la Figura 16.35 el documento AMFE, tal como quedaría sin hacer nada más, ya que otras causas de fallo pueden haber ya mejorado indirectamente por aplicación de medidas o políticas ya adoptadas anteriormente, que también puedan afectarlas. Un caso muy claro es el de las medidas especiales CH y R que, en efecto, pueden afectar positivamente a todas las causas de fallos. En la columna de las acciones correctoras, hemos indicado las medidas que pueden haber tenido un efecto indirecto en las causas aún no analizadas, junto a los nuevos valores de F y D (una vez más no se ven afectados los valores de D).

Finalmente, la Figura 16.36, muestra el AMFE definitivo, con medidas correctoras en bastantes más causas (de hecho, hemos llegado a proponerlas para todas, pero normalmente no es necesario; deben proponerse mejoras para las causas con un PCF más elevado o críticas, hasta que se alcance el objetivo previsto. Dejamos para el lector la revisión de nuestras propuestas para las nuevas causas analizadas.

Todas las causas tendrán sus nuevos índices F y D (no hemos tocado ningún índice G y solo lo haríamos si una misma causa dejara de ser lo grave que era hasta ahora) y también sus nuevos PCF. Terminamos el documento con el columnado final que permite calcular, como antes, los «fallos que llegan al cliente» pero en esta ocasión, para los valores obtenidos tras las mejoras. Como el lector puede apreciar, se ha alcanzado el objetivo previsto de 0,02 fallos por cliente. Con ello queda terminado el AMFE y ahora corresponde poner en marcha y en sus plazos, las medidas adoptadas y controlar su efecto.

A.M.F.E de **DISEÑO PRODUCTO:** ☐ **DISEÑO COMPONENTE:** ☐ **PROCESO:** [X] **SISTEMA:** ☐

Descripción: Check Out (Facturación, cobro y despedida de clientes que abandonan el hotel)
Responsable: Director hotel
Equipo de desarrollo: D. Hotel, D. Relaciones Públicas, D. Personal, R. Mantenimiento y Seg., R. Recepción y D. Compras

QFD vinculado:
Fecha: 24 Marzo 2000
Hoja: 2 de

Op.	ATRIBUTO u OPERACIÓN del PROCESO	EVALUACION DE LA SITUACION ACTUAL: ANALISIS DE FALLOS: Modo	Efecto	Causa	PREVISIONES DE CONTROL	Coeficientes F	G	D	PCF= FxGxD	Orden y critic.	ACCIONES CORRECTORAS	SITUACION RESULTANTE: Plazo ejec.	Respons	Coeficientes F	G	D	PCF= FxGxD
											ACCIONES CH Y R y:						
1	Colas espera servicio	Personas esperan	Cola a inicio del servicio	Capacidad proceso baja	5 personas » más personal	9	8	3	216	3*	Replantear procesos con criterios *Lean - JIT*	10 mes	R.Recep.	7	8	2	112
		Personas pierden su tiempo		(ciclo del proceso excesivo)	No												
			Cola entre operaciones serv.	Proceso desequilibrado	No	9	8	3	216	3*	*Lean - JIT*			1	8	2	16
			Paros no programados	Fallo en alguno de los equipos	R.Mantenim: 2 veces año	5	8	3	120	10*	Implantar TPM (MA y MP)	18 mes	R.Mant.	2	8	1	16
				Errores en las operaciones	No (Reclamación cliente)	7	8	4	224	2*	Autocontrol o ctrl sucesivo	3 mes	R.Recep.	5	8	2	80
											(dentro de programa TQM)	24 mes	(Director)				
2	Lentitud prestación servicio	Servicio demasiado largo	Tiempo de operaciones largo	Tiempo de proceso excesivo	No	9	6	6	324	1	Replantear procesos con criterios *Lean - JIT*			1	6	2	12
		Personas deben esperar		(capacidad de proceso baja)	5 personas » más personal												
			Esperas puestos de trabajo	Tiempos perdidos	Resp.recepción:2 veces día	10	6	3	180	6	*Lean - JIT*			1	6	2	12
			Ritmo operac. debajo normal	Capacitación del personal	Resp.recepción:1 vez día	7	6	5	210	5	Plan de formación intensivo	12 mes	Director	4	6	2	48
3	Servicio con errores	Resultado incorrecto a cliente	Operaciones con errores	Control inexistente op. a op.	No (Reclamación cliente)	7	4	4	112	13	Autocontrol o ctrl sucesivo	Acciones CH Y R Mejorarán también cualquiera de estos fallos		5	4	2	40
		Posible daño a cliente		Falta de organización y orden	No	9	4	3	108	14							
				Falta de formación y capacit.	No	7	4	5	140	8	Plan de formación intensivo			4	4	2	32
4	Empleados no capacitados	Cliente no obtiene información	Empleado no sabe como inf.	Falta de formación	No (Reclamación cliente)	6	4	5	120	10	Plan de formación intensivo			4	4	2	32
	para informar a clientes	Cliente no puede decidir		Desconocer competencias	No	6	4	6	144	7							
			Empl. informa incorrectamente	Error al interpretar cliente	No (Reclamación cliente)	5	4	6	120	10							
5	Empleados poco dis-	Cliente se siente desamparado	Empleado no atiende cliente	No dispone de tiempo/medios	No (Reclamación cliente)	6	2	8	96	15							
	puestos a ayudar a cliente	Cliente perjudicado		No está motivado	No (Reclamación cliente)	7	2	9	126	9	Implantación programa TQM			4	2	2	16
6	Fallos en el funcionamiento	Cliente no puede pagar	Equipo informatico no funciona	Avería	R.Mantenim: 2 veces año	5	2	3	30	17	Implantar TPM (MA y MP)			2	2	1	4
	de los equipos	Cliente no obtiene la docum.		Falta algún suministro	Resp.recepción:1 vez día	5	2	5	50	16							
			Sistema de telepago no cobra	Avería	R.Mantenim: 2 veces año	4	2	3	24	18	Implantar TPM (MA y MP)			2	2	1	4
				Línea telefónica bloqueda	No	4	2	3	24	19							

Acciones complementarias:
- ***CH:*** *Chequeo por el responsable de la recepción, una vez al mes, de que cada empleado realiza su trabajo según el estándar de operaciones previsto.*
- ***R:*** *Reuniones diarias de diez a quince minutos minutos de duración, para revisar losproblemas del día anterior y tomar contramedidas.*

Nº Causas-modos evaluados: Inicial »	19	Coeficiente medio de fallos: Inicial »	136
Nueva »	13	Nueva »	33

Figura 16.35. AMFE con las mejoras iniciales y las mejoras inducidas.

A.M.F.E de **DISEÑO PRODUCTO:** ☐ **DISEÑO COMPONENTE:** ☐ **PROCESO:** [X] **SISTEMA:** ☐

Descripción: Check Out (Facturación, cobro y despedida de clientes que abandonan el hotel)
Responsable: Director hotel
Equipo de desarrollo: D. Hotel, D. Relaciones Públicas, D. Personal, R. Mantenimiento y Seg., R. Recepción y D. Compras

QFD vinculado:
Fecha: 24 Marzo 2000
Hoja: 3 de

Op.	ATRIBUTO u OPERACIÓN del PROCESO	EVALUACION DE LA SITUACION ACTUAL: ANALISIS DE FALLOS: Modo	Efecto	Causa	PREVISIONES DE CONTROL	Coeficientes F	G	D	PCF= FxGxD	Orden y critic.	ACCIONES CORRECTORAS	SITUACION RESULTANTE: Plazo ejec.	Respons	Coeficientes F	G	D	PCF= FxGxD	FALLOS QUE LLEGAN AL CLIENTE: Probabilidad FINAL F	D
											ACCIONES CH Y R y:								
1	Colas espera servicio	Personas esperan	Cola a inicio del servicio	Capacidad proceso baja	5 personas » más personal	9	8	3	216	3*	Replantear procesos con	10 mes	R.Recep.	7	8	2	112	0,1	0,12
		Personas pierden su tiempo		(ciclo del proceso excesivo)	No						criterios Lean - JIT								
			Cola entre operaciones serv.	Proceso desequilibrado	No	9	8	3	216	3*	Lean - JIT			1	8	2	16	0,0001	0,12
			Paros no programados	Fallo en alguno de los equipos	R.Mantenim: 2 veces año	5	8	3	120	10*	Implantar TPM (MA y MP)	18 mes	R.Mant.	2	8	1	16	0,00025	0,02
				Errores en las operaciones	No (Reclamación cliente)	7	8	4	224	2*	Autocontrol o ctrl sucesivo	3 mes	R.Recep.	5	8	2	80	0,01	0,12
											(dentro de programa TQM)	24 mes	(Director)						
2	Lentitud prestación servicio	Servicio demasiado largo	Tiempo de operaciones largo	Tiempo de proceso excesivo	No	9	6	6	324	1	Replantear procesos con			1	6	2	12	0,0001	0,12
		Personas deben esperar		(capacidad de proceso baja)	5 personas » más personal						criterios Lean - JIT								
			Esperas puestos de trabajo	Tiempos perdidos	Resp.recepción:2 veces día	10	6	3	180	6	Lean - JIT			1	6	2	12	0,0001	0,12
			Ritmo operac. debajo normal	Capacitación del personal	Resp.recepción:1 vez día	7	6	5	210	5	Plan de formación intensivo	12 mes	Director	4	6	2	48	0,0025	0,12
3	Servicio con errores	Resultado incorrecto a cliente	Operaciones con errores	Control inexistente op. a op.	No (Reclamación cliente)	7	4	4	112	13	Autocontrol o ctrl sucesivo			5	4	2	40	0,01	0,12
		Posible daño a cliente		Falta de organización y orden	No	9	4	3	108	14	Implantación de progr. 5S	12 mes	Director	4	4	3	48	0,0025	0,22
				Falta de formación y capacit.	No	7	4	5	140	8	Plan de formación intensivo			4	4	2	32	0,0025	0,12
4	Empleados no capacitados	Cliente no obtiene información	Empleado no sabe como inf.	Falta de formación	No (Reclamación cliente)	6	4	5	120	10	Plan de formación intensivo			4	4	2	32	0,0025	0,12
	para informar a clientes	Cliente no puede decidir		Desconocer competencias	No	6	4	6	144	7	Difusión de las competencias	12 mes	Director	4	4	3	48	0,0025	0,22
			Empl. informa incorrectamente	Error al interpretar cliente	No (Reclamación cliente)	5	4	6	120	10	Fomentar atención en TQM			4	4	6	96	0,0025	0,52
5	Empleados poco dis-	Cliente se siente desamparado	Empleado no atiende cliente	No dispone de tiempo/medios	No (Reclamación cliente)	6	2	8	96	15	Incluir tiempo en replant proc.	10 mes	R.Recep.	3	2	3	18	0,001	0,22
	puestos a ayudar a cliente	Cliente perjudicado		No está motivado	No (Reclamación cliente)	7	2	9	126	9	Motivación dentro de TQM			4	2	2	16	0,0025	0,12
6	Fallos en el funcionamiento	Cliente no puede pagar	Equipo informatico no funciona	Avería	R.Mantenim: 2 veces año	5	2	3	30	17	Implantar TPM (MA y MP)			2	2	1	4	0,00025	0,02
	de los equipos	Cliente no obtiene la docum.		Falta algún suministro	Resp.recepción:1 vez día	5	2	5	50	16	Estandarizar suministros	1 mes	R.Recep.	2	2	5	20	0,00025	0,42
			Sistema de telepago no cobra	Avería	R.Mantenim: 2 veces año	4	2	3	24	18	Implantar TPM (MA y MP)			2	2	1	4	0,00025	0,02
				Línea telefónica bloqueda	No	4	2	3	24	19	Contrato conexión garantizada	1 mes	Director	3	2	3	18	0,001	0,22

Acciones complementarias:
- ***CH:*** *Chequeo por el responsable de la recepción, una vez al mes, de que cada empleado realiza su trabajo según el estándar de operaciones previsto.*
- ***R:*** *Reuniones diarias de diez a quince minutos minutos de duración, para revisar losproblemas del día anterior y tomar contramedidas.*

Nº Causas-modos evaluados:	Inicial » 19	Coeficiente global fallos:	Inicial » 136
	Nueva » 19		Nueva » 35

FALLOS DE CALIDAD QUE LLEGAN A LOS CLIENTES:	2%
TOTAL DE FALLOS POR CLIENTE:	0,02

Figura 16.36. AMFE con el total de mejoras acordadas.

16.18. AUDITORÍA Y CERTIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CALIDAD. NORMAS *ISO-9000*

Ya hemos comentado que, para conseguir una empresa rentable, es preciso asegurar la calidad, organizando un sistema de calidad, planificando la mejora continua de la empresa y ahorrando gastos. Todo ello es recomendable realizarlo de acuerdo con una normativa vinculante, de manera que se pueda controlar la puesta en práctica y funcionamiento del sistema de calidad.

A partir de la recopilación de criterios de calidad aplicables a la industria en diferentes países, surgieron las primeras normas de calidad. Ante el éxito que tuvieron estas normas y las propuestas de diversos países sin una norma específica, la *ISO* (*International Standard Organization*) creó un comité técnico para desarrollar la normativa de Garantía de Calidad correspondiente. De los estudios del mencionado Comité, aparecen las normas de la serie *ISO 9000*, que han sido adoptadas por los países miembros como normas nacionales propias y más adelante por el *CEN* (*Comité Europeo de Normalización*).

La empresa que desea incorporar la calidad a su estrategia debe, en primer lugar, desarrollar la planificación e implantación de un sistema de calidad. *Una vez se ha implantado con éxito este sistema de calidad, aparece la posibilidad de alcanzar la certificación* respecto a los criterios establecidos en alguna de las normas de la serie *ISO 9000*. La certificación no debería ser el objetivo prioritario de un sistema de calidad, sino una consecuencia de su implantación y un paso más en la evolución de la empresa hacia la consecución de objetivos mayores. Por contra, el *objetivo prioritario* debe ser perseguir la *mejora continua de la calidad*. Un aspecto fundamental para lograr el éxito de un sistema de calidad radica en conseguir una actitud positiva de las personas a través de una adecuada formación de los recursos humanos y con la motivación de éstos.

Para la implantación de un sistema de calidad, ante todo, se tratará de adoptar la filosofía de la *Calidad Total*. Ello supone controlar todos los procesos de la empresa e involucrar a todo el personal mediante una metodología que se ajuste a los requisitos de las normas existentes con el objetivo de satisfacer plenamente al cliente.

En la implantación es importante que tanto los recursos humanos y tecnológicos cumplan una serie de condiciones. En cuanto a los recursos humanos, es indispensable que todos sientan la calidad como algo propio y conozcan en cada actividad el objeto y la forma de realizarla. Para alcanzarlo hay dos factores importantísimos: formación y motivación de las personas.

En el aspecto tecnológico, todos los equipamientos deben integrarse en el sistema, recayendo sobre ellos un eficaz sistema de control, revisiones, mantenimiento; todo lo redactado con procedimientos que deben cumplirse, reactualizarse y cambiar para demostrar que el sistema esta "vivo».

Finalmente, también deben existir medios documentales que constituyen todas las instrucciones de trabajo desarrolladas para realizar correctamente los procesos de todo el sistema. Una instrucción para ser eficaz deberá ser operativa, clara, de forma que evite interpretaciones y sencilla de utilizar. La implantación de un sistema de calidad requiere un esfuerzo importante de documentación, puesto que todo debe estar controlado, documentado y registrado.

Auditorías de los sistemas de calidad

La «auditoría de calidad» es un examen metódico, sistemático e independiente, para determinar si las actividades y los resultados relativos a la calidad satisfacen las disposiciones previamente establecidas, y para comprobar que estas disposiciones se llevan realmente a cabo y son adecuadas para lograr los objetivos previstos. Es fundamental que las auditorías sean realizadas por personal independiente del área o actividad objeto del análisis, evitando así cualquier tipo de subjetividad. Cuando el sistema de calidad ha sido implantado, debe someterse a una auditoría al menos una vez al año.

Las auditorías no anunciadas no son deseables, porque es importante asegurarse de que el funcionamiento es el normal y de que el personal implicado está presente. El ejecutivo responsable acompañará al grupo de auditoría para aportar información, pero no contestará a las preguntas cuyas respuestas debiera conocer el personal a sus órdenes.

Al finalizar la auditoría, el grupo realizará un informe definiendo la extensión de la misma y destacando sus puntos sobresalientes, así como describiendo la casuística de las deficiencias o no conformidades y cualquier inadecuación o ineficacia del servicio auditado. Este informe, junto con los formularios de corrección, serán presentados al ejecutivo responsable del servicio adecuado, para que éste emprenda puntualmente la acción correctiva recomendada en las conclusiones de la auditoría.

Por otra parte, la comisión de implantación del sistema de calidad, basándose en el informe de auditoría entregado, deberá decidir si las conclusiones garantizan el sistema o bien si se han de realizar modificaciones en la organización, el sistema de calidad, la asignación de recursos, la formación y entrenamiento.

Existen diferentes tipos de auditorías según el objetivo específico de su aplicación a productos, a servicios, a procesos, etc. Las auditorías de los sistemas de calidad abarcan muy diversos aspectos como: eficiencia de la organización, situación y adecuación de la documentación, elementos que pueden causar problemas, eficiencia de los recursos humanos, equipos y material, etc.

Las auditorías de los sistemas de calidad pueden clasificarse básicamente en dos tipos, según su ámbito de actuación:

1. **Auditorías internas:** elaboradas por la propia empresa, solicitadas por la dirección o el departamento de calidad. Son llevadas a cabo por personal preparado o cualificado que actuará como auditor con el objeto de realizar una autoevaluación de la propia empresa.
2. **Auditorías externas:** se llevan a cabo por personal totalmente independiente de la empresa. Dentro de este tipo de auditorías destacan actualmente aquellas solicitadas a una empresa certificadora e independiente, con el objeto de conseguir la certificación del sistema de calidad que verifique el cumplimiento de todos los requisitos específicos establecidos en alguna de las normas de la serie *ISO 9000* o equivalentes.

Las auditorías de los sistemas de calidad se pueden realizar previamente a la implantación de un nuevo sistema con el fin de evaluar la situación inicial, durante el proceso de implantación para supervisar la correcta aplicación, o al final del proceso para constatar que se han cumplido todos los requisitos específicos de cada uno de los elementos que constituyen el sistema de calidad.

Calidad y normalización

La *normalización* referida a la calidad es de gran importancia para la consecución de los objetivos de todo sistema de calidad, es decir, que los procesos den lugar a productos y servicios de calidad elevada, costes bajos y que todo ello sea constatable por los clientes potenciales. Por esto no es sorprendente que la tendencia a la normalización sea cada vez más acusada.

El organismo internacional de *normalización ISO* define este término en el ámbito de la tecnología como *«toda actividad que aporta soluciones para aplicaciones repetitivas que se desarrollan, fundamentalmente, en el ámbito de la ciencia, la tecnología, y la economía, con el fin de conseguir una ordenación óptima en un determinado contexto»*.

Cuando el sistema o procedimiento en cuestión se somete a *la regulación por parte de un organismo calificado*, se hablará de *homologación*. Por contra, cuando el sistema y sus procedimientos se someten al *dictamen de un organismo de reconocido prestigio*, como puede ser el caso de la *ISO*, *que pueda contrastar los métodos de trabajo* implantados en el sistema, se hablará de *certificación*.

La *certificación* se puede definir como *la acción realizada por una entidad reconocida como independiente, manifestando a través de un documento o certificado, que dispone de la confianza adecuada de que un sistema de calidad, producto, servicio o personal, debidamente identificado, resulta ser conforme con alguna norma específica*.

Una *norma* es un *documento ordenador de una cierta actividad*, elaborada voluntariamente y con el consenso de las partes interesadas, que *conteniendo especificaciones técnicas extraídas de la experiencia y los avances de la tecnología (para hacer posible su utilización), es de público conocimiento* y que en razón de su conveniencia o necesidad de aplicación extensiva, puede estar *aprobada, como tal, por un organismo acreditado* al efecto.

Podemos encontrar tres tipos de normas:

- Normas sobre *especificaciones técnicas de productos, procesos o servicios*.
- Normas sobre *metodología de comprobación* de dichas especificaciones.
- Normas acerca de *terminología y definiciones*.

A nivel nacional *AENOR* es el emisor de las Normas Españolas *UNE*. A nivel Europeo es el *CEN* (Centro Europeo de Normalización) con sus normas *EN*. A nivel internacional es la *ISO* (*Organización Internacional de Normalización*) con sus normas *ISO*. *AENOR* adopta la norma *ISO* y la *EN* bajo la denominación de *UNE* (Una Norma Española), representando a España en los foros internacionales de normalización (*ISO* y *CEN*).

Las normas ISO 9000

Las normas de la serie *ISO 9000*, sobre gestión y aseguramiento de la calidad, se aplican en los casi 150 países integrantes de la *ISO*. No obstante, en cada país el organismo certificador correspondiente las ha rebautizado con un nombre distinto (en España es la norma *UNE 66-900*). Esta serie de normas *no fija el sistema de calidad*

que debe establecer una empresa, sino los *requisitos que debe cumplir* su sistema de calidad (*ISO 9001/9002/9003*) y sus reglas generales (*ISO 9004*).

Las normas *ISO 9001* a *ISO 9003* se aplican a condiciones contractuales o de certificación y son normas para la gestión y el aseguramiento de la calidad. Se denominan *Modelos para el Aseguramiento de la Calidad*, dando las directrices o requisitos mínimos para su implantación. El aseguramiento de la calidad puede entenderse como «conjunto de acciones preestablecidas y sistemáticas necesarias para dar la confianza necesaria de que un producto o servicio satisfará unas exigencias dadas de calidad».

Cada norma de la serie ISO 9000 se refiere, en particular, a los siguientes aspectos:

- **ISO 9001 (UNE 66-901):** es la más completa, y se aplica a los sistemas de calidad en que se dan *diseño, desarrollo, producción, instalación y servicio postventa*. Es la norma aplicable en situaciones contractuales en las que el suministrador debe poner de manifiesto la conformidad con los requisitos especificados en todas estas fases.
- **ISO 9002 (UNE 66-902):** se aplica a los sistemas de calidad en que se dan *producción, instalación y servicio postventa*, exclusivamente, y por tanto se aplicará en las situaciones contractuales en las que las especificaciones del producto/servicio están preestablecidas. Esta norma es muy aplicada en empresas comerciales o de servicios.
- **ISO 9003 (UNE 66-903):** de aplicación en los sistemas en los que se dan *inspección y los ensayos finales*. El suministrador pues, debe demostrar la conformidad con los requisitos especificados en la fase de inspección y resultados finales. Utilizada corrientemente por subcontratistas que suministran productos industriales poco complicados.
- **ISO 9004 (UNE 66-904):** relacionada con la *gestión de la calidad y elementos de un sistema de calidad*. Consiste en unas reglas generales concernientes al establecimiento de los sistemas de calidad en las empresas. No especifica ningún requisito, por lo que no se trata de una norma directamente aplicable con fines contractuales ni de certificación. Constituye un compendio de aspectos y objetivos de calidad que han de tenerse en cuenta a la hora de crear un sistema de calidad. Será de inestimable ayuda en la adaptación y correcta implantación del sistema a una situación concreta. Cada empresa juzgará cuáles son los elementos, de entre los diferentes capítulos que cubre la norma, que necesita asumir para un caso particular.
- **ISO 9004-2 (UNE.EN 29004-2):** es una norma englobada dentro de la *ISO 9004* que se refiere exclusivamente a la gestión y elementos de un sistema de calidad dedicado al *sector servicios*.
- **ISO 8402 (UNE 66-011). Calidad y terminología:** define la terminología básica de los conceptos de la calidad y la gestión de la misma, aplicados a productos y servicios. Se trata de una norma aplicable en la preparación y utilización de los sistemas de la calidad en concordancia con las normas *ISO 9001 a 9004*.

A modo de resumen, la Figura 16.37 muestra un gráfico en el que se especifica la clasificación de las normas *ISO 9000* así como sus equivalentes, las normas *EN 29000 y UNE 66900*.

Para obtener la certificación debe existir un plan previo de desarrollo e implantación de un sistema de aseguramiento de la calidad. La norma *ISO 9004* es de gran ayuda en la creación de un sistema de calidad, estableciendo una serie de objetivos que no son de obligado cumplimiento, tomando cada empresa los que más se ajusten a su situación.

Cuando ya ha sido implantado el sistema de calidad se puede solicitar la certificación del mismo a través de una empresa certificadora externa e independiente como puede ser *AENOR* en España, aunque no sea la única. Los tipos de certificación que realizan estas entidades son:

- Certificación de productos y servicios a través de diferentes marcas, sobre calidad (*N*), seguridad (*S*) y medio ambiente.
- Certificación del personal que realiza ensayos no destructivos y del personal de soldadura.
- Certificación de empresas, referente a sistemas de calidad (*Registro de Empresa*) o a sistemas de gestión medioambiental.

Hay que precisar que la certificación de conformidad con una o varias normas de la serie *ISO 9000* garantiza exclusivamente la presencia de una serie de elementos que permiten el aseguramiento de un nivel de calidad preestablecido.

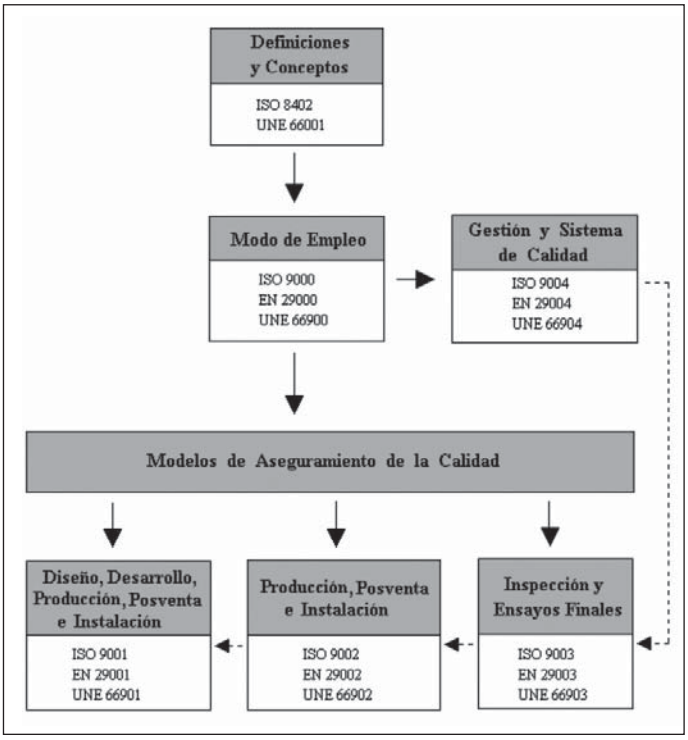


Figura 16.37. Clasificación de las normas ISO y relación con las EN y UNE.

La versión actual de las normas ISO-9000 es la elaborada en 2008, bajo el título de «La gestión para el éxito sostenible - Un enfoque desde la gestión de la calidad». Como aspecto destacado, incluye una herramienta de autoevaluación, con dos objetivos, la evaluación estratégica destinada a la dirección general y, también, la evaluación de las operaciones.

Proceso de certificación

Cuando la empresa ha finalizado con éxito su proceso de implantación de un sistema de calidad, de acuerdo con las normas y, dispone de toda la documentación necesaria, incluyendo el *manual de calidad*, puede solicitar a una entidad certificadora la concesión del certificado respecto a una norma especificada previamente, lo que requiere los siguientes pasos:

1. Formulación de la solicitud respecto de uno de los modelos definidos en las normas *UNE 66901*, *66902* o *66903*.
2. Examen previo de la solicitud que se lleva a cabo conjuntamente por la empresa certificadora y la peticionaria para determinar la documentación que se debe aportar, establecer la norma concreta respecto a la que se desea certificar y evaluar las posibilidades de alcanzar la certificación.
3. Tramitación de la solicitud, etapa que comprende el análisis de toda la documentación aportada por la empresa y la evaluación del sistema de aseguramiento de la calidad para constatar que verifica y aplica de forma efectiva los requisitos definidos en la norma. El resultado de dicho estudio será un informe en el que se evalúa la situación, con las posibles carencias y desviaciones respecto a la conformidad con la norma. El informe será para la empresa peticionaria a fin de que tome las medidas oportunas para corregir las deficiencias dentro de un plazo determinado.

Los últimos pasos descritos dentro del proceso de evaluación se irán repitiendo hasta que se cumplan todos los requisitos de la certificación, momento en el cual la empresa certificadora emitirá el certificado de *Registro de Empresa*.

La certificación tiene validez por término de tres años, al final de los cuales deberá realizarse una auditoría de renovación. También, de forma anual, es usual realizar auditorías de seguimiento para verificar el cumplimiento de los requisitos o aspectos pendientes de evaluar después de la aplicación de medidas correctivas. En el caso de repetidos incumplimientos de los requisitos, la empresa certificadora puede provocar la retirada de la certificación.

Resumen del contenido de las normas ISO 9000:

A continuación exponemos el objeto de cada uno de los veinte capítulos de la norma *ISO 9001*, sin extendernos en sus contenidos, que en caso de ser del interés del lector, le recomendamos se dirija a alguna publicación especializada. La norma *ISO*

9001 representa la situación más completa, puesto que, como ya hemos comentado, las normas *ISO 9002* y *9003* son versiones restringidas de la *ISO 9001*.

- *Capítulo preliminar.* decisión de implantar la calidad adecuándose a la norma ISO 9001. Contempla aspectos como: actividades y ámbitos de aplicación, objetivos de la implantación de la norma y líneas de actuación para alcanzarlos.
- *Capítulo 1. Responsabilidad de la dirección:* fijación de las políticas para la implantación del sistema de calidad. Y, en particular, líneas de actuación para la implantación de la calidad de acuerdo a los objetivos que se pretende lograr.
- *Capítulo 2. El sistema de calidad:* procesos y métodos dentro del sistema de calidad, elaboración del manual de calidad que incluya los requisitos del sistema, las instrucciones, los procedimientos necesarios y los documentos, y el plan de calidad.
- *Capítulo 3. Revisión de los contratos* entre los clientes y proveedores establecidos y documentados de forma previa y actualizada; debe asegurarse que los suministros de proveedor a cliente cumplan al máximo con lo especificado.
- *Capítulo 4. Control de diseño:* capítulo únicamente presente en la norma *ISO 9001*, establece una sistemática para controlar y verificar el diseño y desarrollo del propio producto o servicio, con el objeto de garantizar el cumplimiento de todos los requisitos especificados y de los procedimientos establecidos.
- *Capítulo 5. Control de la documentación:* para establecer y mantener actualizados ciertos sistemas para la definición, aprobación, modificación, edición, distribución y control de todo el soporte documental de la empresa.
- *Capítulo 6. Compras:* para garantizar que los productos y servicios adquiridos o comprados a los proveedores, para abastecer a los procesos de la empresa, así como a los subcontratistas de una parte de la producción, cumplen los requisitos especificados.
- *Capítulo 7. Control de los productos suministrados por los clientes:* contempla aquellas situaciones especiales en que el cliente suministra elementos concretos para los procesos a llevar a cabo para él. Se deben determinar procedimientos documentados para la gestión y control del producto.
- *Capítulo 8. Identificación y trazabilidad de los productos: a*fecta al seguimiento de la implantación del sistema de calidad relacionado con dichos productos para obtener una gestión con la calidad adecuada. Se recomienda establecer sistemas para la correcta identificación de los productos en cuestión por medios adecuados desde la recepción y durante las etapas de la fabricación, entrega e instalación.
- *Capítulo 9. Control de procesos* para el mejor conocimiento de los mismos. La norma recoge la necesidad de identificar, planificar y documentar los procesos de fabricación, instalación y servicio posventa, garantizando que se están desarrollando bajo condiciones controladas.
- *Capítulo 10. Inspección y ensayo:* metodología para la realización de las inspecciones y ensayos llevados a cabo antes, durante y después de los procesos, con el objeto de verificar que los requisitos especificados se cumplen.
- *Capítulo 11. Control de los equipos de inspección, media y ensayo:* sistemática para controlar, calibrar y realizar el mantenimiento de los equipos de inspec-

ción, medición y ensayo, garantizando que dichos equipos son apropiados para las funciones que deben desarrollar.

- *Capítulo 12. Estado de la inspección y del ensayo:* para identificar el estado de las materias primas, el producto en proceso y el producto acabado, en cuanto a la progresión de su inspección o ensayo, y si ésta se realiza con los medios adecuados.
- *Capítulo 13. Control de los productos no conformes:* la norma, no solo requiere la identificación y documentación de los productos no conformes, sino que, también establece la evaluación y tratamiento de los mismos.
- *Capítulo 14. Acciones correctivas y preventivas:* ante una no conformidad detectada o potencial se deben realizar las acciones correctivas o preventivas adecuadas a la magnitud, con el objeto de evitar su repetición o aparición
- *Capítulo 15. Manipulación, almacenamiento, embalaje, conservación y entrega:* afecta a la manipulación de productos ya terminados y conformes, su almacenaje, su embalaje y a los procedimientos de entrega, de forma que no se produzca un deterioro debido a estos procesos, cuando ya habían sido previamente dados por conformes.
- *Capítulo 16. Control de los registros de calidad:* constatación de la calidad alcanzada a través de la documentación y el registro. Todos los capítulos de la norma *ISO 9001*, incluido éste, deben estar correctamente documentados.
- *Capítulo 17. Auditorías internas de calidad:* planificar y desarrollar auditorías de calidad internas, para verificar si las actividades y los resultados correspondientes cumplen las disposiciones previstas, y para determinar la eficacia del sistema de calidad. Se deben llevar a cabo por personal independiente de la actividad y transmitir con rapidez los resultados al responsable, para realizar las acciones correctivas en tiempo real, en caso de detectarse no conformidades.
- *Capítulo 18. Formación y adiestramiento:* se han de prevenir y satisfacer las necesidades en materia de formación y adiestramiento de los recursos humanos en temas de calidad, de tal forma que todo el personal esté cualificado y capacitado para llevar a cabo las tareas específicas que se le asignen. Afectan a dos aspectos: actitud y aptitud.
- *Capítulo 19. Servicios posventa:* establecer y mantener los procedimientos para llevar a cabo los servicios de posventa que garanticen la satisfacción del cliente durante las fases de uso del producto y de servicio posterior a la venta.
- *Capítulo 20. Técnicas estadísticas:* cuando se identifique y determine la necesidad del uso de las técnicas estadísticas se establecerán los procedimientos para controlar y verificar la capacidad o validez de las distintas etapas que integran los procesos y los componentes o características de los productos, para obtener la variabilidad asociada.

Como ya se ha comentado, los diferentes elementos y aspectos que recogen cada uno de los capítulos anteriores se deben definir y establecer en el *manual de calidad*, el cual, como soporte documental, es uno de los tres elementos que forman parte del sistema de calidad junto con los medios materiales/técnicos y los recursos humanos, y se encarga de recopilar toda la documentación acerca de dicho sistema, como pueden ser la política, la organización, las acciones, las estrategias, las instrucciones, los procedimientos, etc.

Colección: Monografías
Serie: ADMINISTRACIÓN / MARKETING

Otros títulos publicados:

- Diseño integral de plantas productivas
- Diseño y organización de procesos con implantación…
- El producto. Análisis de valor
- El talento
- Gestión de la producción. Modelos. *Lean management*
- Gestión de proyectos. Producción por puestos fijos
- Gestión del mantenimiento de los equipos productivos
- Gestión económica de la producción
- La gestión de stock. Modelos
- La producción. Procesos. Relación entre productos…
- La tecnología
- Logística. Gestión de la cadena de suministro
- Los servicios. Gestión de los procesos de servicios
- Planificación de la producción
- Procesos en flujo flexible *lean*
- Procesos en flujo *pull* y gestión *lean*
- Producción pasada en la tipología de productos y materiales
- Talento, tiempo y tecnología

DIAZ DE SANTOS

ISBN 978-84-9969-353-8