



UNED cuadernos

Técnicas de mejora de la calidad

Cristina González Gaya
Rosario Domingo Navas
Miguel Ángel Sebastián Pérez

Cristina González Gaya
Rosario Domingo Navas
Miguel Ángel Sebastián Pérez

TÉCNICAS DE MEJORA DE LA CALIDAD

UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA

*CUADERNOS DE LA UNED
TÉCNICAS DE MEJORA DE LA CALIDAD*

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del Copyright, bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamos públicos.

© *Universidad Nacional de Educación a Distancia
Madrid, 2013*

www.uned.es/publicaciones

© *Cristina González Gaya, Rosario Domingo Navas, Miguel Ángel Sebastián Pérez*

ISBN electrónico: 978-84-362-6641-2

Edición digital: abril de 2013

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. LA MEJORA DE LA CALIDAD

Introducción	13
1.1. Procesos	13
1.2. La mejora continua de la calidad	16
1.2.1. Diferentes perspectivas	17
1.2.2. La estrategia Kaizen	22
1.2.3. La mejora proactiva	30
1.3. Círculos de la calidad y equipos de mejora	31
1.4. Consideraciones	33
Bibliografía	35
Ejercicios	36

CAPÍTULO 2. TÉCNICAS BÁSICAS DE MEJORA DE LA CALIDAD: LAS 7 H

Introducción	45
2.1. Finalidad de las técnicas de mejora	45
2.2. Las siete herramientas de la calidad (7 H)	46
2.2.1. Hoja de recopilación de datos	46
2.2.2. Diagrama causa-efecto	49
2.2.3. Histograma	53
2.2.4. Estratificación	59
2.2.5. Diagrama de Pareto	62

2.2.6. Diagrama de dispersión	67
2.2.7. Gráficos de control	71
2.3. Consideraciones	80
Bibliografía	81
Ejercicios	82

CAPÍTULO 3. TÉCNICAS BÁSICAS DE MEJORA DE LA CALIDAD: LAS 7 M

Introducción	99
3.1. Las siete herramientas de gestión de la calidad (7 M)	99
3.1.1. Diagrama de afinidad	100
3.1.2. Diagrama de árbol	102
3.1.3. Diagrama matricial	104
3.1.4. Diagrama de flechas	105
3.1.5. PDPC	110
3.1.6. Diagrama de relaciones	113
3.1.7. Matriz de análisis de datos	116
3.2. Consideraciones	117
Bibliografía	118
Ejercicios	119

CAPÍTULO 4. OTRAS TÉCNICAS BÁSICAS DE MEJORA DE LA CALIDAD

Introducción	125
4.1. Otras técnicas de mejora	125
4.1.1. Brainstorming	125
4.1.2. Diagrama de flujo	129
4.2. Consideraciones	133
Bibliografía	134
Ejercicios	135

CAPÍTULO 5. RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Introducción	141
5.1. Fases de la resolución de problemas	141
5.2. Aplicación de las técnicas de mejora en cada fase	143
5.2.1. Identificación y selección de un problema (1ª fase)	143

5.2.2. Análisis del problema (2ª fase)	147
5.2.3. Generación de soluciones potenciales (3ª fase)	149
5.2.4. Selección de la solución (4ª fase)	151
5.2.5. Planificación de la solución (5ª fase)	152
5.2.6. Implantación de la solución (6ª fase)	153
5.2.7. Evaluación de la solución (7ª fase)	154
5.3. Consideraciones	157
Bibliografía	158
Ejercicios	159

CAPÍTULO 6. TÉCNICAS DE MEJORA DE DISEÑO

Introducción	169
6.1. Análisis Modal de Fallos, Efectos y Criticidades (AMFEC)	169
6.2. Despliegue de la Función Calidad (QFD)	174
6.3. Función de pérdida de Taguchi	178
6.4. Análisis del valor	180
6.5. DFMA	186
6.6. Consideraciones	190
Bibliografía	191
Ejercicios	192

CAPÍTULO 7. TÉCNICAS DE MEJORA DE PROCESOS

Introducción	199
7.1. Poka-yoke	199
7.2. Las 5s	204
7.3. Mantenimiento Productivo Total (TPM)	205
7.4. Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos (ARCPC)	215
7.5. Ingeniería concurrente	216
7.6. Consideraciones	231
Bibliografía	233
Ejercicios	234

CAPÍTULO 8. TÉCNICAS DE MEJORA DE GESTIÓN

Introducción	241
8.1. Benchmarking	241

8.2. Reingeniería de procesos	248
8.3. Gestión del conocimiento	250
8.4. Consideraciones	253
Bibliografía	255
Ejercicios	256

Capítulo 1
LA MEJORA DE LA CALIDAD

INTRODUCCIÓN

Debido a que actualmente la calidad ha dejado de ser una ventaja competitiva para convertirse en un imperativo, la aplicación de metodologías que faciliten la participación de todos los empleados y la adopción de métodos de trabajo eficientes es una necesidad.

A lo largo del presente libro se exponen un conjunto de técnicas asociadas a la mejora y de aplicación en múltiples actividades empresariales; la mayoría de ellas están relacionadas con la mejora continua, no obstante, también se han descrito técnicas vinculadas con la mejora radical como la Reingeniería expuesta en el capítulo 8; la aplicación de estos enfoques, depende de la situación de cada organización. Además se han interrelacionado los diversos planteamientos sobre la mejora con los temas de actualidad dentro del área de calidad.

En este capítulo se exponen diversas ópticas sobre la mejora y sobre la participación del personal en esta mejora, que atendiendo a sus características requieren de técnicas distintas; sin embargo, también presentan puntos coincidentes que configuran los principios asumidos por la filosofía de la Calidad Total.

1.1. PROCESOS

Un proceso es la transformación de un conjunto de inputs (materiales, mano de obra, capital, energía, información y tecnología) en productos o servicios; por tanto, el proceso es una acción inherente a cualquier actividad empresarial.

Además, durante el proceso de fabricación o de prestación del servicio existen un conjunto de factores que influyen en la variabilidad de estos procesos, como son las denominadas «5M»: máquinas, mano de obra, métodos, medio y materiales, y a las que habría que añadir una sexta M, la gestión —*management*—. Esto enlaza con los dos tipos de ambientes en los que se desarrollan los procesos, el genérico —el entorno de la empresa: factores legales, sociales,

económicos o tecnológicos— y el específico —los distintos departamentos de la empresa— (Cuervo *et al.*, 1994). Mientras que el primero es fuente de información de ciertas técnicas de mejora, el último se manifiesta en algunas de las técnicas como, el Despliegue de la Función Calidad o QFD (véase capítulo 6), el Mantenimiento Productivo Total o la Ingeniería Concurrente (véase capítulo 7), o la Reingeniería (véase capítulo 8) pues requieren de equipos multidisciplinares integrados por miembros de diversos departamentos, ya estén focalizadas hacia la mejora del diseño de productos o servicios, de los propios procesos o de la gestión. El proceso y su entorno queda reflejado en la figura 1.1.

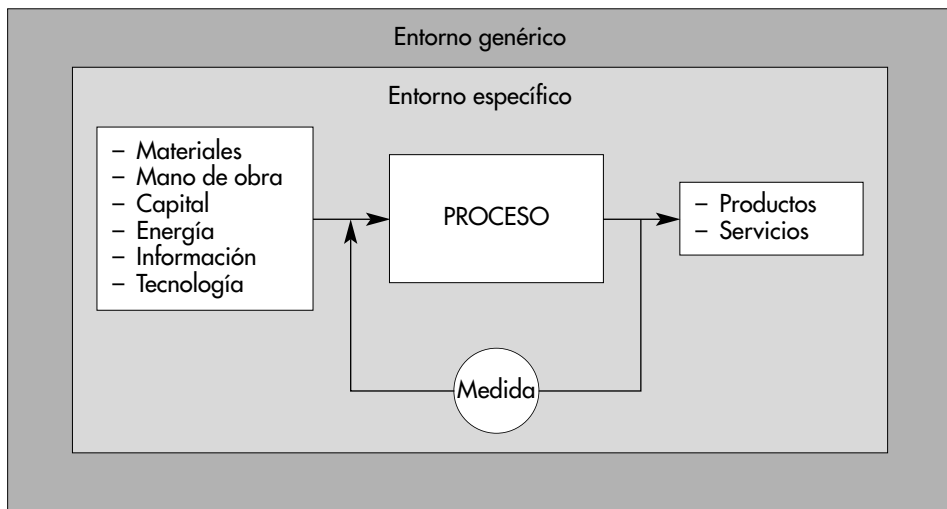


FIGURA 1.1. Procesos.

La importancia de los procesos queda reflejada en las distintas posiciones sobre la mejora de la calidad, en los que se enfatiza la gestión de los procesos, como base imprescindible de la calidad; esto precisamente ha sido una de las claves del éxito japonés. Además es preciso considerar que existen técnicas que permiten mejorar tanto el diseño de los procesos como el funcionamiento de los mismos, y para ello se han de tener en cuenta las características de los inputs y de los productos o servicios —aspecto, costes, expectativas de los clientes— así como las interrelaciones con las áreas de ingeniería, marketing, compras o calidad. Tanto Ishikawa como Deming o Crosby coinciden en que cuando se produce algún error entre el 65 y el 80% de la responsabilidad es necesario atribuirlo a la Dirección, por lo que también requiere de técnicas que ayuden a la mejora de la gestión.

Por otra parte, todas las perspectivas de la mejora tienen presente el aspecto preventivo, lo que además se justifica desde el punto de vista de los costes, pues según datos citados por Hartley (1994, págs. 114-116) aunque el coste me-

dio de la calidad se aproxima al 5% de las ventas, la mayoría de ellos corresponden a los fallos; si puede reducirse el número de fallos, los costes pueden disminuirse sustancialmente y esta reducción cubriría la previsión de una mejor calidad en la fase de diseño. Una encuesta llevada a cabo entre diversas empresas determinó que las pérdidas de oportunidad igualan el nivel de los fallos, es decir, si los fallos equivalen al 1,25% de las ventas, entonces las oportunidades perdidas por este fallo representan como mínimo otro 1,25%. En la tabla 1.1 se muestran los costes de la calidad en porcentaje sobre las ventas netas para distintos sectores en Estados Unidos y en todos ellos con la salvedad de los equipos de transporte, el porcentaje mayor corresponde a los fallos internos, mientras que el porcentaje menor está presente en la prevención. Con ello se manifiesta la necesidad de adoptar técnicas preventivas que permitan reducir los costes globales asociados a la calidad.

TABLA 1.1. Costes de la calidad.

Sector	Costes de calidad en % sobre ventas netas				
	Coste total de la calidad	Costes de averías		Costes de fallos	
		Prevención	Evaluación	Internos	Externos
Equipos eléctricos y electrónicos	4,81	0,68	1,1	2,03	1,0
Corcho y plásticos	14,7	0,40	2,3	9,5	2,5
Obtención de metales	6,1	0,40	1,47	2,98	1,28
Tratamiento de metales	5,1	0,51	1,67	1,9	0,77
Maquinaria	4,4	0,49	1,05	1,76	1,14
Equipos de transporte	3,79	0,34	1,76	1,29	0,50

Según estudios realizados, y como muestra la figura 1.2, los fallos se suelen detectar mucho después de producirse la causa responsable de los mismos, de hecho la mayoría de estos fallos provienen de errores ocasionados durante el diseño de los productos. Por este motivo se hace imprescindible la implantación de un sistema que facilite el descubrimiento de los actos incorrectos lo antes posible y averiguar la causa primaria de los mismos.

Para su puesta en práctica es preciso considerar tres aspectos:

- Proceder a la reparación del fallo en cuanto se observe alguna anomalía dentro de la empresa.

- Disponer de sistemas de detección que permitan valorar los desperfectos en cuanto ocurran.
- Evitar que ocurran sucesos no deseados mediante su prevención.

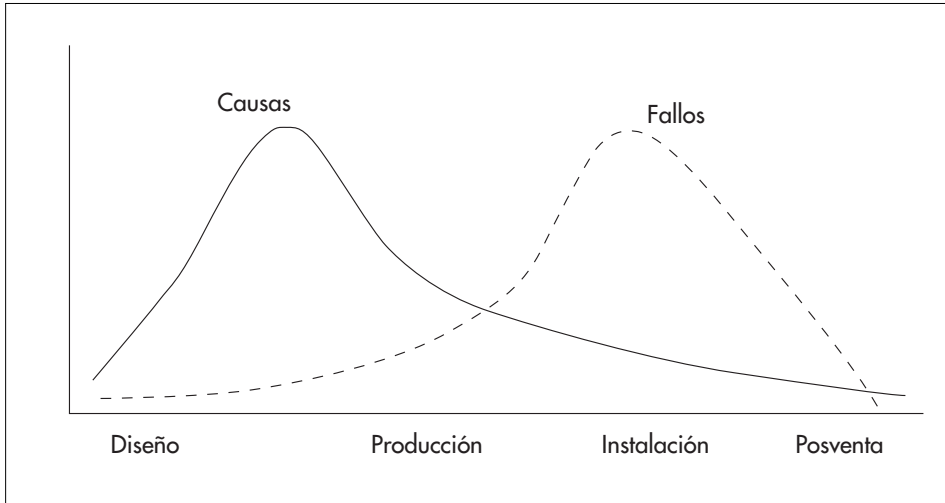


FIGURA 1.2. Relación causas-fallos en el ciclo productivo.

En consecuencia son necesarias técnicas que subsanen errores, detecten problemas y prevengan las disconformidades en:

- el diseño: para conocer las causas potenciales de los fallos y evitar, de esta manera, que se produzcan, lo que en principio provoca una reducción del coste total de la calidad;
- el proceso: para que permanezcan las condiciones operativas previamente especificadas;
- la gestión: para facilitar la planificación, la organización y el control de las actividades, lo que redundará en una mayor coordinación entre los distintos departamentos y en un funcionamiento más eficiente de la empresa.

1.2. LA MEJORA CONTINUA DE LA CALIDAD

Aunque la mejora de la calidad de cada una de las actividades de la empresa es un fin natural al que tienden las organizaciones que desean ser competitivas, los enfoques para llevarla a cabo son diversos. A continuación se indicarán algunos de ellos ampliamente aceptados. Todos ellos se caracterizan por ser conceptualmente sencillos, pero su puesta en práctica requiere de una comprensión profunda de cada uno de ellos.

1.2.1. Diferentes perspectivas

La mejora ha sido algo consubstancial a los diversos enfoques que han realizado los denominados «gurús» de la calidad, fundamentalmente está presente en las teorías de Deming, Juran y Crosby, quienes además han implantado con éxito estos principios en múltiples empresas.

A) *Deming*

El norteamericano W. Edwards Deming nace en 1900 en Sioux City y en 1928 se doctora en Físicas Matemáticas por la Universidad de Yale. Desarrolla su vida profesional como consultor en Japón y Estados Unidos y es uno de los mayores responsables del éxito de la industria japonesa, país donde logra un gran reconocimiento, pues el premio japonés a la calidad, creado en 1951, que se concede a empresas establecidas en Japón que apliquen los conceptos de calidad y a individuos que hayan favorecido el control de calidad, lleva su nombre, Premio Deming. Este premio goza de un extraordinario prestigio a nivel internacional y los criterios en él contemplados se han convertido en un modelo de la calidad aplicado por numerosas organizaciones. En 1960, el emperador de Japón le concede la Segunda Orden del Tesoro Sagrado, la más alta condecoración otorgada a un ciudadano no japonés.

Deming considera que la calidad se consigue mediante el **control estadístico de todos los procesos**, no solamente los relacionados con el producto. Para lograrlo es necesaria la **participación del personal** para que pueda aportar mejoras.

Deming resume en 14 puntos la filosofía que ha de seguir la dirección de una empresa para lograr la calidad:

1. *Crear constancia en el propósito de mejora permanente de los productos y servicios.* Esto conlleva la planificación de las actividades con el objeto de aumentar la competitividad, posicionarse en el sector y proporcionar puestos de trabajo, con una visión a largo plazo con el fin de satisfacer las necesidades de los clientes actuales y potenciales, en lugar de buscar el beneficio a corto plazo.

Para lograrlo es necesario asignar recursos a innovar, a investigar nuevos productos y nuevos materiales, a formar al personal, a mejorar constantemente el diseño de productos y servicios, al mantenimiento preventivo (véase capítulo 7) y a la mejora de los procesos existentes.

2. *Adoptar la nueva filosofía.* No se pueden seguir aceptando los defectos, retrasos en plazos de entrega, mano de obra con poca formación, maquinaria y métodos de control inadecuados.
3. *No depender de la inspección para la mejora de la calidad.* Con la inspección no se logra la calidad, sino con la mejora del proceso de forma que el producto obtenido no sea defectuoso.

4. *No comprar al proveedor más económico.* Para evitar la variabilidad en los suministros se debe tender a comprar a un proveedor por elemento, con el que se establece una relación de cooperación. El precio ha de ir acompañado de un buen nivel de calidad y de servicio.
5. *Mejorar de forma continua el sistema de producción y de prestación del servicio.* Con ello se persigue mejorar la calidad y la productividad y reducir los costes, así como estimular la estrategia de proyectos de mejora.
6. *Formar al personal en su trabajo.*
7. *Implantar nuevos métodos de supervisión entre los trabajadores.* Los supervisores deben disponer de conocimientos para detectar los problemas.
8. *Eliminar los miedos.* Con esto se persigue que todo el personal realice sugerencias para mejorar su propio trabajo.
9. *Romper las barreras interdepartamentales, para propiciar el trabajo en equipo, prevenir y resolver problemas.*
10. *Eliminar eslóganes, tópicos y objetivos quiméricos.* No se puede exigir cero defectos sin un sistema de gestión adecuado.
11. *Eliminar las cuotas numéricas para la mano de obra.* Es preciso incentivar una forma de trabajar inteligente, en oposición al trabajo a destajo.
12. *Eliminar las barreras que impiden al personal el sentimiento de orgullo por el trabajo bien hecho dentro de su nivel laboral, y otorgar el reconocimiento debido por ello.*
13. *Aplicar planes de formación y reciclaje del personal.* La formación debe ser constante ante la aparición de nuevos materiales, productos, procesos y tecnologías. Es necesario que los mandos superiores pierdan el miedo a que sus subordinados posean más conocimientos que ellos.
14. *Actuar para que cada miembro de la empresa participe, con su forma de hacer el trabajo, en los cambios necesarios.*

Deming considera que en las empresas occidentales existen una serie de males que impiden aprovechar la potencialidad del ser humano, fenómeno que no sucede en Japón. Para evitar dichos problemas aconseja a la Dirección llevar a cabo el programa de acción descrito en la tabla 1.2.

TABLA 1.2. Programa de acción de Deming.

Problemas de las empresas occidentales	Programa para evitar los males
<ul style="list-style-type: none"> • Falta de constancia en los objetivos de calidad • Énfasis en los objetivos a corto plazo • Evaluación de resultados mediante escalas de méritos • Directivos que anteponen su carrera al bien de la empresa • Dirección en base a cifras sin considerar otros aspectos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aceptar los 14 puntos • Desarrollar valores para continuar la política de mejora • Explicar a todo el personal las razones de la necesidad del cambio • Definir las fases de cada actividad e identificar clientes y proveedores de cada fase • Encauzar todo el potencial de la organización hacia la mejora continua • Participación de cada empleado en equipos de mejora • Organización para la gestión de la calidad

B) Juran

Joseph Juran nace en 1904 en Rumania pero crece y se forma en los Estados Unidos, donde se gradúa como Ingeniero Eléctrico por la Universidad de Minnesota en 1924. Con su trabajo como consultor independiente, impulsa la revolución de la calidad en Japón, donde divulga sus ideas en los años 50 y enfoca su trabajo, no en el control sino en la gestión de la calidad. Sus ideas se centran en la planificación de la calidad como punto fundamental y en la adecuación del producto a las exigencias del cliente. En 1981, al igual que a Deming, Japón le concede la Segunda Orden del Tesoro Sagrado.

Para ello, observa que las actividades que llevan a una gestión total de la calidad necesitan además del **control estadístico**, un método de **análisis de problemas** y otro de **gestión**. Esto se resume en la siguiente trilogía:

- | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • Planificación de la calidad • Control de la calidad obtenida • Mejora de la calidad |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Con esta trilogía se realiza un ciclo de detección de problemas, de diagnosis de causas y de toma de medidas correctoras, que se desglosa en los pasos citados a continuación:

a) Planificación de la calidad

1. Asignar prioridades en los proyectos de producción.
2. Realizar un Diagrama de Pareto que permita analizar los síntomas de problemas de calidad (véase capítulo 2).
3. Establecer hipótesis de las causas de los problemas.
4. Estudiar las hipótesis en base a los datos recopilados.
5. Seleccionar hipótesis sobre el origen de los problemas.

b) Control de la calidad obtenida

6. Utilizar el Diseño de Experimentos (para mayor información sobre esta técnica es posible consultar Sebastián, Bargueño y Novo, 1999) y otro tipo de pruebas para concretar el diagnóstico de ciertos problemas particulares.
7. Conseguir la aprobación de la Dirección para efectuar los experimentos.
8. Efectuar pruebas específicas que proporcionen información de los defectos de los productos y ayuden al diagnóstico de sus causas.

c) Mejora de la calidad

9. Proponer estrategias de corrección.
10. Ensayar las estrategias.
11. Establecer un control de calidad más exigente.

Juran dispone que para planificar la calidad son necesarios un conjunto de requisitos que denomina «Mapa de carreteras para la planificación de la calidad», que comprende los siguientes puntos:

- Identificar a nuestros clientes, tanto internos como externos.
- Conocer las necesidades de los clientes.
- Traducir las necesidades del cliente al lenguaje técnico de la empresa (véase QFD).
- Desarrollar un producto que responda a esas necesidades.
- Optimizar las características del producto.
- Determinar el proceso que pueda desarrollar dicho producto.
- Optimizar el proceso.
- Probar que el proceso es capaz de desarrollar el producto bajo las condiciones operativas fijadas.
- Implantarlo en el proceso operativo.

C) *Crosby*

Philip B. Crosby, de origen norteamericano, desarrolla gran parte de su carrera en ITT, actual ATT, como responsable de calidad. También es responsable de la fabricación de los misiles Pershing en la empresa Martin, donde dirige sus esfuerzos hacia la consecución de los cero defectos y posteriormente se dedica a la consultoría. Atribuye un 80% de los fallos en calidad a la mala gestión de la empresa y propone una serie de recomendaciones a la Dirección:

- Firmeza en la decisión del cambio organizativo hacia la calidad.
- Formación al personal sobre su papel en el proceso de mejora.
- Implantación del programa de calidad, incluyendo mecanismos de re-alimentación.

Para la implantación del proceso de la calidad, Crosby recomienda una serie de acciones, sus 14 puntos:

1. Compromiso de la Alta Dirección.
2. Constitución de equipos de mejora integrados por alguna persona experimentada de cada departamento.
3. Medición de los resultados en calidad, identificando los problemas de calidad existentes y potenciales.
4. Análisis del coste de calidad en toda la organización.
5. Concienciación de todo el personal de la importancia de la calidad.
6. Preparación de acciones correctoras para la resolución de los problemas detectados.
7. Institución de programas de control del proceso de mejora.
8. Formación del personal.
9. Colaboración diaria en el cero defectos, buscando el compromiso de todo el personal.
10. Definición de objetivos de mejora.
11. Estimulación a los empleados para que comuniquen a la Dirección los problemas que dificultan la obtención de los objetivos de mejora.
12. Reconocimiento a las personas que participan en la mejora de la calidad.
13. Constitución de comités de calidad que coordinen, difundan las sugerencias de calidad e informen de ellas.
14. Retorno al punto inicial para impulsar más actividades de calidad.

Por otra parte, Crosby ha definido cinco rasgos que han de tener las empresas para que su éxito sea constante:

- Las personas realizan las actividades bien a la primera de manera rutinaria.
- El cambio es anticipado y utilizado para alcanzar ventaja.
- El crecimiento es continuo y conveniente.
- Los productos/servicios nuevos aparecen cuando se les necesita.
- Todas las personas están felices por trabajar en la empresa.

1.2.2. La estrategia Kaizen

«Kaizen» es una voz japonesa que significa «mejora continua» y consiste en la estrategia del cambio, pues la empresa debe evolucionar para adaptarse a lo que requieren sus clientes.

Kaizen es una estrategia orientada a la satisfacción del cliente; a las personas y cultura de la empresa; implica a los ejecutivos, los cuales deben convertirse en los líderes del cambio; establece como objetivos de la empresa la calidad, el coste y el plazo de entrega, entendiendo que para la mejora es necesario un aumento de la eficacia y de la productividad con un incremento de la calidad del trabajo que produzca menos errores e involucra a todas las áreas de la empresa (planificación, diseño, producción, aprovisionamientos, control, servicio al cliente y auditorías de calidad).

Esta filosofía propugna que ante la aparición de problemas se ha de preguntar hasta **cinco** veces **por qué** aparecieron hasta llegar a la causa raíz, no culpar a las personas y pensar que los problemas son siempre una fuente de mejora. La regla de los «cinco por qué» o las 5 W puede considerarse una herramienta para la mejora. A continuación se expone un ejemplo tomado de *Qualitas Hodie* (1999) que describe el caso de Fagor Electrodomésticos:

HECHO: <i>existen fresas obsoletas en la sección de semielaborados</i>
<p><i>¿POR QUÉ hay fresas obsoletas en la sección?</i> <i>—Porque al modificar el proceso las fresas ya no sirven.</i></p> <p><i>¿POR QUÉ siguen las fresas en esta sección si se ha modificado el proceso?</i> <i>—Porque nadie las ha retirado.</i></p> <p><i>¿POR QUÉ nadie ha retirado las fresas de esta sección?</i> <i>—Porque nadie tiene la responsabilidad de hacerlo.</i></p> <p><i>¿POR QUÉ nadie tiene la responsabilidad de retirar las fresas cuando se modifica el proceso y ya no sirven?</i> <i>—Porque no existe un procedimiento que establezca las acciones a emprender cuando se modifique un proceso.</i></p>
ACCIÓN: <i>redactar un procedimiento que contenga las acciones a tomar cuando se dé de baja un producto o se modifique un proceso.</i>

Kaizen, según Imai, involucra el modo de pensar (conceptos), el modo de trabajar (principios) y el modo de resolver los problemas (técnicas de mejora). Tanto los conceptos como los principios que se analizan en los puntos siguientes, suponen la recopilación de los fundamentos asumidos por el TQM —Total Quality Management.

A) *Los conceptos del Kaizen*

Los conceptos en los que se apoya esta filosofía son los siguientes:

- El ciclo PDCA
- El cliente como objetivo primordial del proceso
- La calidad es lo primero
- La atención al mercado
- La dirección en la etapa precedente
- El apoyo en datos contrastados
- El dominio de la variabilidad y la prevención en la repetición de fallos

El ciclo PDCA

El ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act, es decir, Planificar-Desarrollar-Controlar-Actuar) fue ideado por Shewhart y divulgado por Deming, quien lo utilizó para explicar que la mejora continua en cada una de las actividades de la empresa ha de seguir un ciclo que se repita de forma ininterrumpida; de hecho también es conocido como el ciclo o rueda de Deming. Cuando se aplica a la mejora de un método relacionado con la elaboración de un producto se denomina SDCA (Estandarizar-Ejecutar-Verificar-Actuar).

Los pasos del ciclo son los siguientes:

- *Planificar*. Con antelación al inicio de una acción de mejora es necesario realizar una diagnosis de la situación actual para asegurarse que los métodos utilizados están documentados y estandarizados.

En base a los datos recopilados para identificar y definir los problemas se realiza una planificación de las acciones a emprender durante un período de tiempo fijado. Este plan debe incluir las técnicas de mejora de la calidad que van a analizarse posteriormente.

- *Desarrollar*. Consiste en la implantación del plan propuesto. Es conveniente antes de la implantación definitiva, realizar un proyecto piloto en un área de la empresa, para detectar posibles actitudes de resistencia a los cambios propuestos y es recomendable que toda variación respecto a lo programado quede documentada.

- *Controlar*. Los datos registrados durante la fase de ejecución son evaluados para comprobar las desviaciones respecto a la planificación prevista.
- *Actuar*. En función de los resultados obtenidos durante la fase de verificación se adoptan las medidas oportunas. Si el plan funciona conforme a lo establecido se instituyen los cambios, se fijan nuevos estándares, se comunica al personal afectado, se proporciona a las personas que lo requieran la formación necesaria y se implanta el cambio en toda la organización. Si el plan no ha tenido éxito se recorre de nuevo el ciclo.

Una vez que se ha encontrado un método para realizar una actividad y los medios de medida para evaluar la efectividad de los resultados obtenidos, se estandariza el proceso. Con ello, se define la base que sirve de partida para mejorar el proceso, esto implica que los estándares pueden cambiarse y para ello debe existir una buena organización en la empresa, el proceso debe estar documentado y así definir los nuevos estándares.

El empleo de estándares tiene, entre otras, las siguientes ventajas:

- Se reduce la variación.
- Se aumenta el esfuerzo en la mejora.
- Se difunden los conocimientos de cada individuo al resto de la organización.
- Se aplica la experiencia de los empleados veteranos en los más jóvenes.
- Se divulgan los conocimientos de unas áreas a otras.
- Se mantiene una mayor organización.

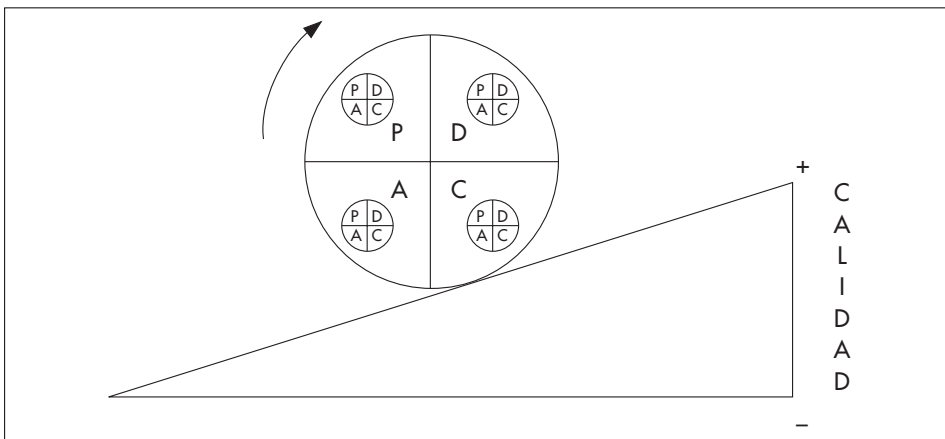


FIGURA 1.3. Ciclo PDCA.

La utilización del ciclo PDCA ha sido recomendada por numerosos expertos en calidad, como los japoneses Ishikawa y Shiba. Además es la estructura que sigue la norma de gestión medioambiental ISO 14001, también la futura norma ISO 9001:2000, actualmente en revisión, y es tenido en cuenta en el modelo europeo a la excelencia empresarial o modelo EFQM, el cual se configura alrededor de una estructura similar. Este último modelo fue instituido por la fundación EFQM (European Foundation for Quality Management) y la organización EOQ (European Organization for Quality) y presentado por primera vez en 1992; la EFQM es una iniciativa empresarial, y fue constituida en 1988, por catorce organizaciones, mientras que la EOQ se constituyó con anterioridad, en concreto en 1957, y está integrada por distintas organizaciones nacionales creadas para el fomento de la calidad; dentro del ámbito europeo, este modelo es equivalente al premio Deming, antes citado, aunque los criterios que considera cada uno de ellos, no son idénticos.

El cliente como objetivo primordial del proceso

En una empresa existen dos tipos de clientes, el cliente final que es el que adquiere el producto y el cliente interno que es el que recibe los productos o servicios dentro del propio proceso de la organización.

Trabajando con este concepto cada departamento intentará suministrar su producto/servicio sin defectos y se evitarán las modificaciones de última instancia.

Cada departamento ha de asumir su compromiso con su cliente y proporcionarle la mayor calidad posible y a su vez exigir a su proveedor la prestación del mismo servicio.

La calidad es lo primero

Ésta debe ser la prioridad de cualquier empresa, si se trabaja con calidad se evita el reproceso de los productos defectuosos con lo que se pueden mejorar los plazos de entrega y disminuir los costes tanto por fallos internos —detectados en la empresa— y de fallos externos —detectados por el cliente final—, pues estos últimos pueden ocasionar su pérdida, que es el mayor coste para la empresa.

La atención al mercado

Para que el producto que se lanza al mercado sea aceptado por los clientes es necesario que tenga las características que el cliente desea o de lo contrario no lo comprará. Por este motivo es preciso conocer las expectativas del cliente y éstas traducirlas al lenguaje de la empresa para establecer las especificaciones técnicas del producto. El método para realizar este proceso es el denominado Despliegue de la Función Calidad o QFD (esta técnica se analizará en el capítulo 6).

La dirección en la etapa precedente

La aparición de problemas cuanto más avanzado está el proceso provoca mayores costes y modificaciones más profundas, con la consiguiente repercusión en los plazos de entrega. El departamento responsable de cada fase del proceso debe revisar que todo se haya realizado conforme a las necesidades de la siguiente fase, y evitar así correcciones posteriores.

La calidad debe empezar en el momento de la concepción del producto/servicio y considerar la información aportada por el departamento de marketing a través de los estudios de mercado realizados, para evitar la fabricación de productos que no acepten los consumidores.

El apoyo en datos contrastados

Los problemas sólo pueden resolverse si existen datos contrastados que aporten información sobre la magnitud de los mismos y sus efectos.

El dominio de la variabilidad y la prevención en la repetición de fallos

Cuando un proceso está controlado se pueden prevenir las disconformidades que en él pudieran producirse y dominar así su variabilidad o reducirla, lo que redundaría en una mejora del proceso. El uso de la estadística facilita la toma de decisiones de la Dirección porque proporciona algunas ventajas importantes como:

- La toma de decisiones basada en hechos, no en opiniones.
- Los datos muestran la pauta de variación de los procesos, que es el origen para el posterior análisis de las causas que la producen.

En un proceso pueden aparecer dos causas de variación, las comunes o no asignables y las especiales o asignables. En la tabla 1.3 se muestran sus características diferenciadoras:

TABLA 1.3. Causas de variabilidad.

Causas no asignables o comunes	Causas asignables o especiales
<ul style="list-style-type: none"> • Son de carácter aleatorio. • Existe una gran cantidad, pero cada una es de pequeña importancia. • Producen una variabilidad estable. • Es difícil reducir sus efectos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Existe un número pequeño, pero cada una de ellas produce un efecto fuerte. • Producen una variabilidad imprevisible. • Sus efectos desaparecen al eliminar la causa.

(Tabla tomada de Peña D. y Prat A., 1990.)

Las causas no asignables o comunes están siempre presentes en cualquier proceso, y su variabilidad es predecible dentro del conjunto del proceso aun-

que cada una de ellas pueda aparecer de forma aleatoria. El hecho de que sea predecible significa que se conocen los límites de rendimiento a lo largo del tiempo, por lo que están bajo control. Se suelen presentar un gran número de ellas y son difíciles de eliminar. Algunos ejemplos de estas causas comunes son el error del operario al medir un instrumento, las holguras de las máquinas o los factores ambientales (humedad, temperatura...).

Un proceso bajo control puede mejorarse a través de transformaciones importantes en el propio proceso como son los cambios de maquinaria, modificaciones en las especificaciones de los productos, cambio de materia prima o variación en el diseño.

Las causas asignables o especiales de variación son sucesos particulares dentro de un proceso y que sitúan al mismo fuera de control. Se caracterizan por existir un número pequeño de ellas, pero cada una produce un efecto fuerte y además ocasionan una variabilidad imprevisible. Algunos ejemplos de las causas especiales son las medidas realizadas por instrumentos no calibrados o los desajustes en las máquinas.

Las causas especiales de variación pueden resolverse de forma sencilla con acciones como la reparación de una máquina o la formación adecuada al personal que lo requiera.

B) Los Principios del Kaizen

Los principios en los que se basa la estrategia kaizen son los siguientes:

- Integración de todos los sistemas de gestión
- Mantener el nivel alcanzado y mejorarlo
- Definición de la Dirección
- La importancia de las reglas y de la estandarización
- Mejora e innovación
- Gestión orientada al proceso
- El papel de los ejecutivos
- Gemba

1. *Integración de todos los sistemas de gestión.* El kaizen integra todas las formas de gestión de progreso (voz del cliente, gestión de la calidad total, robots, círculos de calidad, sistemas de sugerencias, automatización, mantenimiento, *kanban*, *just in time*, cero defectos, equipos de trabajo, relaciones sociales, aumento de la productividad).

A este planteamiento de Imai habría que añadir la integración de los sistemas de calidad, medio ambiente y seguridad, tal y como es-

tán planteando diversas empresas actualmente. Todo ello es consecuencia de la difusión de los certificados ISO 9000, la publicación en 1996 de la normativa de gestión medioambiental ISO 14000 y de la Directiva 89/391/CEE que en España se transpone con la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y que obliga al empresario a realizar una gestión de la seguridad desde el inicio del proyecto empresarial.

2. *Mantener el nivel conseguido e intentar mejorarlo*. Es decir, es preciso llevar a cabo las distintas actividades según los procedimientos y las reglas establecidos, y cuando se tenga superado ese método presentar sugerencias para mejorarlo.
3. *Definición de la Dirección*. La Dirección debe consistir en realizar, hacer aplicar y mejorar las reglas y procedimientos del trabajo. Para mejorar es necesario establecer primero las reglas, y plantearse siempre si es posible su mejora.
4. *La importancia de las reglas y de la estandarización*. Las reglas deben proporcionar la mejor manera y la más *segura* de trabajar, y se ha de encontrar el modo de hacerlo en el momento determinado. Son también la forma de que cada uno aproveche la experiencia de los anteriores, de evaluar la calidad del trabajo y de prevenir los fallos.

De ello se desprende que la estandarización enlaza con la seguridad laboral y se convierte en un pilar que conecta la calidad con la propia seguridad.

5. *Mejora e innovación*. La mejora del kaizen está focalizada en las personas y se consigue con esfuerzo en oposición a la innovación que se centra en la tecnología y en grandes inversiones.

TABLA 1.4. Kaizen frente a innovación.

Kaizen	Innovación
<ul style="list-style-type: none"> • Pasos pequeños y graduales • Involucra a todo el personal • Conocimientos convencionales • Esfuerzo personal • Orientación al proceso • Crecimiento económico pequeño 	<ul style="list-style-type: none"> • Saltos grandes y bruscos • Reservada a unos pocos • Tecnología • Inversión • Orientación a los resultados • Crecimiento económico rápido

6. *Gestión orientada al proceso*. El kaizen parte de que mejorando los procesos se mejora también el resultado, en cambio únicamente pensando en el resultado no se estimula el trabajo para la mejora. Con la utilización de indicadores del proceso que evalúen las mejoras efectuadas se pueden otorgar los reconocimientos oportunos por los progresos alcanzados.
7. *El papel de los ejecutivos*. Los ejecutivos deben desempeñar varios papeles en la empresa, como son el mantenimiento de las reglas establecidas, implicar a todos en la mejora continua, resaltar el factor humano como elemento fundamental para controlar la variabilidad del proceso, garantizar la seguridad, ser líderes y demostrar su experiencia profesional.
8. *Gemba*. Gemba es una voz japonesa y corresponde al lugar donde las personas realizan el trabajo, por tanto donde se crea el valor, y en consecuencia debe ser el lugar más importante para la Dirección. Cuando ocurren problemas, los ejecutivos han de trasladarse a *gemba* para averiguar qué sucedió, buscar el origen inmediato de los mismos, tomar las medidas necesarias, identificar la causa inicial del problema en estudio y establecer las reglas oportunas para evitar su reaparición, como muestra la figura 1.4.

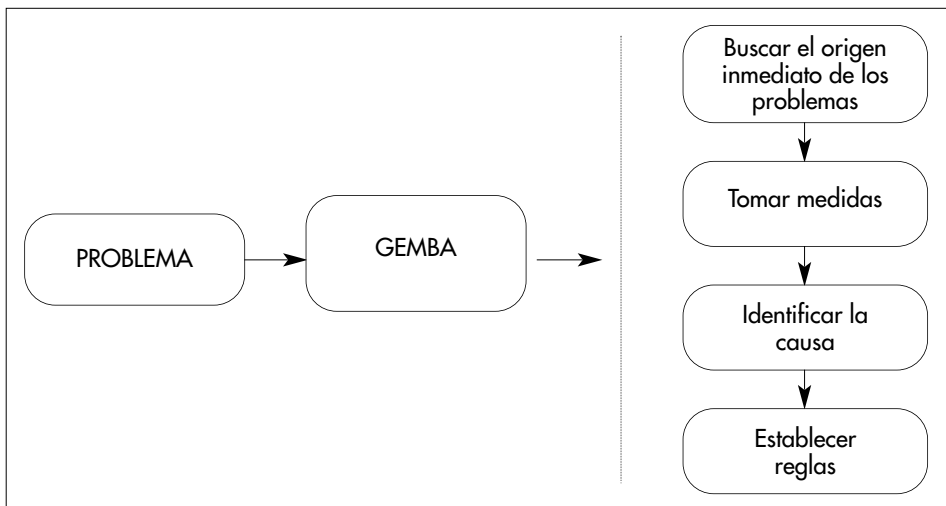


FIGURA 1.4. Gemba.

En consecuencia, la estructura de una empresa debe considerar a *gemba* en primer lugar y contar con el apoyo de toda la organización. El trabajo de *gemba* parte de las expectativas del cliente y su finalidad es satisfacerlas, tal y como queda reflejado en la figura 1.5.

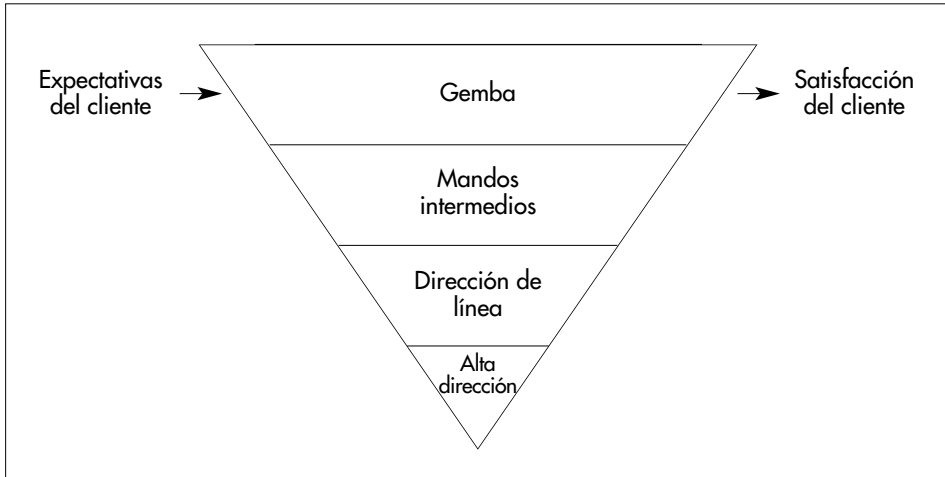


FIGURA 1.5. Organización para el kaizen.

1.2.3. La mejora proactiva

La mejora proactiva es un enfoque más avanzado de la mejora continua y representa la evolución del control de procesos y de la mejora reactiva. El control de procesos consiste en lograr un proceso estandarizado, comprobar que los productos cumplen con las especificaciones y de esta manera ir ajustando dicho proceso para mantener la estandarización inicial; la mejora reactiva intenta la mejora de un proceso incorrecto, y ante errores detectados se intenta analizar el problema y encontrar la causa raíz que lo originó.

En cuanto a la mejora proactiva, consiste en explorar la situación de la empresa, antes de la aparición de un problema, en base a aspectos tales como: los deseos de los clientes, los productos que van a fabricarse o los servicios que van a prestarse y los procesos susceptibles de mejoras.

Es por ello, que la recogida de datos se convierte en algo vital para lograr una mejora proactiva. Estos datos son los siguientes:

- Datos cuantitativos empleados para el control de los procesos.
- Datos cuantitativos y cualitativos utilizados en la mejora reactiva. Como se analizará en los capítulos 2, 3 y 4 existen una serie de técnicas que pueden emplearse ante la aparición de problemas y algunas de ellas proporcionan información de tipo cualitativo.

- Datos cualitativos usados para proyectar distintas actividades. Para ello se emplean expresiones verbales o imágenes. De los métodos desarrollados quizá el de mayor utilidad en este caso es el Diagrama de Afinidades —descrito en el capítulo 3— que sirve para explorar la situación y formular el problema.

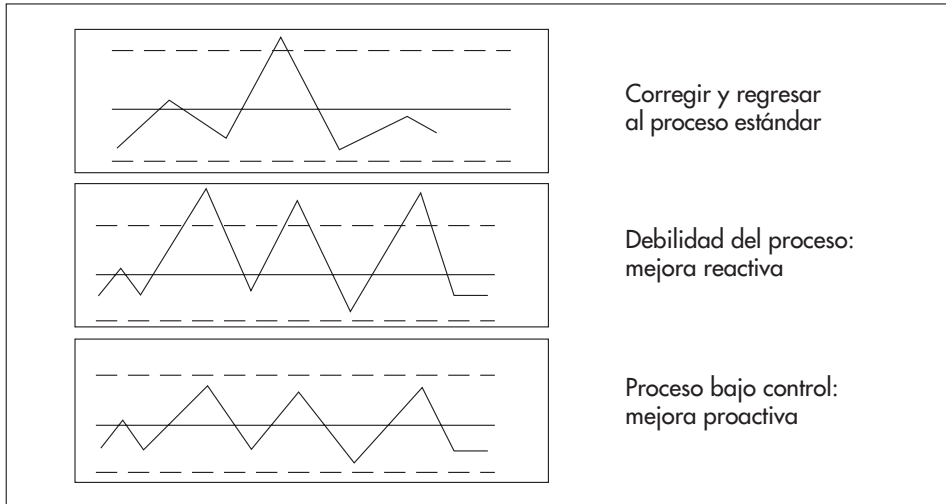


FIGURA 1.6. La mejora.

1.3. CÍRCULOS DE LA CALIDAD Y EQUIPOS DE MEJORA

Con las actividades de estos dos tipos de grupos —círculos de calidad y equipos de mejora— se pretende animar a la participación e involucrar al personal de la empresa en los objetivos de calidad y son dos elementos fundamentales para la mejora continua dentro de una organización.

Sus rasgos diferenciadores se muestran a continuación:

Círculos de calidad

Se caracterizan por lo siguiente:

- Están integrados por personas del mismo departamento.
- Tratan de solucionar problemas de su propio departamento.
- Participan de forma voluntaria.

- Trabajan en un problema que los miembros del grupo eligen.
- Colaboran el tiempo que los participantes estiman oportuno.

Equipos de mejora

Los equipos de mejora tienen las siguientes particularidades:

- Están formados por personas de distintos departamentos.
- Se crean para resolver un problema concreto.
- Las personas integrantes del equipo participan obligatoriamente en el mismo.
- Los integrantes del equipo están designados por la Dirección.
- El equipo se disuelve con la resolución del problema.

De ambos grupos de mejora, los círculos de calidad han sido los de mayor repercusión. Para su buen funcionamiento se requiere de un líder que coordine las actividades del grupo, asegure la formación de sus miembros y promueva la comunicación entre otros círculos, la Dirección, etc. Aunque su origen se encuentra en Estados Unidos en la década de los 50, en este país fracasaron y fue en Japón donde se logró una aceptación de este método de trabajo por parte de los operarios; por primera vez en abril de 1962 se constituyó el primer círculo de calidad y a partir de ahí se extendieron a algunos países asiáticos como Corea o Taiwan, y posteriormente, ya en la década de los 70 a Occidente. Gracias a la labor llevada a cabo por la JUSE (Unión Japonesa de Científicos e Ingenieros) desde el inicio, que animó a los círculos a registrarse en esta asociación, se sabe que el incremento de los mismos ha sido espectacularmente progresivo desde su origen, superando la cifra de los 100.000 en 1980. Actualmente, y según estimaciones sobre el número de círculos en funcionamiento pero no registrados, la cifra supera el millón. La instauración del Gran Premio de Círculos de Calidad en 1971 es prueba de la importancia que se concede a estos grupos en Japón; este premio se otorga anualmente y merece mención especial que para su concesión, deben haber iniciado su actividad al menos tres años antes y haber resuelto como mínimo dos problemas por cada miembro integrante del grupo.

Con los círculos se intenta involucrar a los trabajadores de nivel inferior en la mejora, y aunque se estima que éstos solamente pueden resolver un porcentaje pequeño de los problemas que aparecen (alrededor del 10%), son ellos los que se encuentran en contacto directo con los mismos por lo que la información que se recaba a partir de su actividad es de vital importancia a nivel de la Alta Dirección.

Algunas de las características propias del funcionamiento de los círculos de calidad son las siguientes:

TABLA 1.5. Características de los círculos de calidad.

Participación	Voluntaria
Selección del problema	Autónoma
Composición del grupo	De 4-10 personas y estable en el tiempo
Origen de los miembros del grupo	De la misma área de trabajo
Frecuencia de las reuniones	Dos mensuales, habitualmente
Duración de las reuniones	Una hora–una hora y media
Momento de celebración de las reuniones	Durante la jornada laboral, habitualmente
Número de proyectos finalizados en un año	Dos/tres
Tipo de problemas afrontados	Generalmente problemas de calidad, y otros relativos a su área de trabajo (seguridad, productividad, etc.)
Técnicas de resolución de problemas	Las siete herramientas de la calidad (7 H) ¹ y el ciclo PDCA
Complejidad de los problemas	Media-pequeña
Intervención de la Dirección	Promueve los círculos, pero no interviene

Fuente: Elaborado a partir de Galgano (1995, pág. 23).

De los parámetros mostrados anteriormente, la frecuencia de las reuniones y el número de proyectos terminados en un año, así como la asistencia, son los indicadores habitualmente empleados para medir la eficacia de los círculos.

1.4. CONSIDERACIONES

Como se ha observado a lo largo del desarrollo de este capítulo, las distintas perspectivas de la mejora presentan similitudes en cuanto a la necesidad de llevar a cabo las actividades bajo un ciclo PDCA, aunque no se manifieste de forma explícita, así como la implicación de la Alta Dirección, el enfoque hacia el cliente, la adhesión a las personas y la eficiencia económica; estos factores son además las características intrínsecas del TQM, lo que es coherente pues su desarrollo como filosofía de calidad se debe a los principios enunciados y aplicados de los gurús mencionados.

Además, algunos de los planteamientos de Imai enlazan con temas de actualidad como es la integración de todos los sistemas de gestión, pues en estos momentos empresas de distintos sectores están planteando la integración de los sistemas de calidad, medio ambiente y de seguridad. Esto está suce-

¹ Estas técnicas se desarrollarán con detalle en el capítulo 2.

diendo con la implantación de sistemas ISO 9000 e ISO 14000 y las obligaciones derivadas de la Directiva 89/391/CEE.

También se ha mencionado la que puede ser la más sencilla herramienta de la calidad, los **cinco porqués** que es posible utilizar como paso inicial en el desarrollo de todas las que se van a describir en este libro.

BIBLIOGRAFÍA

- AENOR (1999): *AENOR*; <http://www.aenor.es>
- CROSBY, P. B. (1989): *La calidad no cuesta. El arte de asegurar la calidad*. Díaz de Santos, S.A., Madrid.
- CUERVO, A. *et al.* (1994): *Introducción a la administración de empresas*. Editorial Civitas, S.A., Madrid.
- DEMING, W. E. (1989): *Calidad, productividad y competitividad. La salida de la crisis*. Díaz de Santos, S.A., Madrid.
- Directiva 89/391/CEE del Consejo, de 12 de junio de 1989, *relativa a la aplicación de las medidas para promover la mejora de la seguridad y salud de los trabajadores en el trabajo*. DOCE L 183, de 29 de junio de 1989.
- EFQM (1999): *The EFQM excellence model. Changes*; <http://www.efqm.org>
- GALGANO, A. (1995): *Los siete instrumentos de la Calidad Total*. Díaz de Santos, S.A., Madrid.
- HARTLEY, J. R. (1994): *Ingeniería Concurrente*. TGP-Hoshin, Madrid.
- IMAI, M. (1989): *Kaizen: La clave de la ventaja competitiva*. Continental, México.
- ISHIKAWA, K. (1994): *¿Qué es el Control Total de Calidad?* Parramón Ediciones, S.A., Barcelona.
- JURAN, J. M. (1989): *Juran on Leadership for Quality*. Juran Institute, Inc.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre de *Prevención de Riesgos Laborales* (1996). Monograma Ediciones. Madrid.
- PEÑA, D. y PRAT, A. (1990, 2.^a edición): *Cómo controlar la calidad*. IMPI, Madrid.
- QUALITAS HODIE (1999): *El caso práctico de Fagor Electrodomésticos*. Qualitas Hodie, mayo, págs. 297-304.
- SEBASTIÁN, M. A.; BARGUEÑO, V. y NOVO, V. (1999, 2.^a edición): *Gestión y Control de Calidad*. Cuadernos de la UNED, n.º 133, Madrid.
- SHIBA, S.; GRAHAM, A. y WALDEN, D. (1995): *TQM: Desarrollos avanzados*. TGP Hoshin, S.L., Madrid.

EJERCICIOS

EJERCICIO 1.1

¿Qué aporta fundamentalmente la filosofía kaizen frente a los principios de los tres grandes gurús de la calidad: Deming, Juran y Crosby?

Solución propuesta

La idea de considerar a Gemba en primer lugar dentro de la pirámide de la empresa es la gran aportación, como consecuencia de que allí es donde suceden los problemas y por tanto donde es preciso buscar la causa última de los problemas generados. Como se expondrá más adelante, algunas de las técnicas de mejora se han desarrollado para que sean utilizadas por los empleados de menor formación, pues de ellos también se pueden obtener soluciones para los problemas que se presenten.

EJERCICIO 1.2

De los 14 puntos de Deming, la trilogía de Juran y los 14 puntos de Crosby, ¿dónde se realiza mención directa a los costes de la calidad?

Solución propuesta

El análisis de los costes de la calidad figura en uno de los 14 puntos de Crosby, pues para él, los costes son el único indicador real de la medida de la calidad. En consecuencia, su conocimiento es fuente de mejora.

EJERCICIO 1.3

A continuación se enumeran un conjunto de ideas, señale si cada una de ellas aparece en las teorías de Deming, Juran y/o Crosby:

- Traducir las necesidades del cliente al lenguaje de la empresa.
- Cero defectos.
- Apoyo de la Alta Dirección.
- Extensión del control estadístico de procesos.
- Énfasis en la metodología de resolución de problemas.
- Bien a la primera.
- Adecuación del producto a las exigencias del cliente.

Solución propuesta

	Deming	Juran	Crosby
Traducir las necesidades del cliente al lenguaje de la empresa		✓	
Cero defectos			✓
Apoyo de la Alta Dirección	✓	✓	✓
Extensión del control estadístico de procesos	✓		
Énfasis en la metodología de resolución de problemas		✓	
Bien a la primera			✓
Adecuación del producto a las exigencias del cliente		✓	

EJERCICIO 1.4

De las afirmaciones siguientes, señale cuáles son verdaderas y cuáles son falsas:

- La norma de gestión medioambiental ISO 14001 se configura alrededor del ciclo PDCA.
- Los círculos de calidad son grupos constituidos por personas que colaboran de forma voluntaria y que pertenecen a distintas áreas de trabajo.
- La mejora proactiva no requiere del control de procesos.
- El premio Deming y el modelo EFQM son incompatibles.
- Kaizen y automatización no son compatibles.
- Las causas asignables son de carácter aleatorio.

Solución propuesta

Afirmación	Verdadera	Falsa
La norma de gestión medioambiental ISO 14001 se configura alrededor del ciclo PDCA	✓	
Los círculos de calidad son grupos constituidos por personas que colaboran de forma voluntaria y que pertenecen a distintas áreas de trabajo		✓
La mejora proactiva no requiere del control de procesos		✓
El premio Deming y el modelo EFQM son incompatibles		✓
Kaizen y automatización no son compatibles		✓
Las causas asignables son de carácter aleatorio		✓

EJERCICIO 1.5

A continuación se muestran un conjunto de actividades genéricas de una empresa cualquiera; en principio todas ellas deberían ser la causa para emprender una acción de mejora, a pesar de su diferente naturaleza. Algunas de ellas son acciones preventivas, otras de evaluación y otras son fallos que han sucedido en la organización; unos de estos fallos son internos, es decir, la empresa fue capaz de detectarlos antes de que llegaran al cliente y en consecuencia pudo iniciar las acciones oportunas para subsanarlos, otros en cambio, son fallos externos, es decir, el primero que los percibió fue el cliente.

Atendiendo a la información anterior y considerando la diferencia existente entre las técnicas de diseño, de proceso o de gestión, señale para cada una de las actividades:

1. Si es una acción preventiva, de evaluación, un fallo interno o un fallo externo.
2. Si la técnica de aplicación recomendable *a priori* sería de mejora del diseño, del proceso o de la gestión.

ACTIVIDADES		
1. Sueldos del equipo de auditores internos	11. Espacios improductivos ocupados por útiles obsoletos	21. Curso de Seguridad en el trabajo
2. Compensaciones económicas a clientes por la entrega de piezas mal dimensionadas en el Departamento de Ingeniería	12. Infratilización de los equipos debido a pequeñas averías	22. Coste de la elaboración del Manual de Calidad por una empresa externa
3. Materiales destruidos o consumidos en ensayos	13. Curso de Informática	23. Desechos durante la fabricación provocados por suciedad en un equipo
4. Premios a los trabajadores por ideas que minimicen los fallos	14. Paradas de producción por un diseño demasiado complejo	24. Multas por contaminar el caudal de un río por una avería ocasionada en un reactor
5. Portes urgentes, no programados, para evitar que los pedidos lleguen con retraso por un error de ensamblaje	15. Materiales no utilizados por no ser adecuados para el sistema productivo	25. Desmotivación del personal
6. Coste excesivo de teléfono para calmar a los clientes que han recibido mercancía defectuosa no detectada en la inspección final	16. Anulación de facturas devueltas por impago de un cliente debido a que la pieza que solicitó pesa un 10% más de lo deseado	26. Aseguramiento de la calidad de los proveedores
7. Curso en Gestión de Calidad	17. Planificación de las actividades de ingeniería	27. Pérdida de un cliente porque nuestros productos no son ecológicos y consumen demasiada materia prima
8. Creación de Círculos de Calidad	18. Coste de la obtención del Certificado de Registro de Empresa	28. Errores de la agencia contratada en los folletos de publicidad ya divulgados
9. Elaboración de los procedimientos de inspección	19. Mala imagen ante los clientes por falta de seguridad de un producto	29. Inventario excesivo del producto final provocado por no ajustarse el artículo a las expectativas del cliente
10. Mantenimiento de los equipos de ensayo	20. Descuentos en las ventas a los clientes por retrasos en la entrega provocado por escaso mantenimiento de los equipos	30. Errores en el diseño de una máquina

Solución propuesta

ACTIVIDAD	Prevención	Evaluación	Fallos internos	Fallos externos	Diseño	Proceso	Gestión
1. Sueldos del equipo de auditores internos	✓	✓					✓
2. Compensaciones económicas a clientes por la entrega de piezas mal dimensionadas en el Departamento de Ingeniería				✓	✓		
3. Materiales destruidos o consumidos en ensayos		✓				✓	
4. Premios a los trabajadores por ideas que minimicen los fallos	✓						✓
5. Portes urgentes, no programados, para evitar que los pedidos lleguen con retraso por un error de ensamblaje			✓			✓	
6. Coste excesivo de teléfono para calmar a los clientes que han recibido mercancía defectuosa no detectada en la inspección final				✓		✓	
7. Curso en Gestión de Calidad en la Empresa	✓						✓
8. Creación de Círculos de Calidad	✓						✓
9. Elaboración de los procedimientos de inspección	✓					✓	
10. Mantenimiento de los equipos de ensayo	✓					✓	
11. Espacios improductivos ocupados por útiles obsoletos		✓			✓		
12. Infrutilización de los equipos debido a pequeñas averías		✓			✓		

(continúa)

ACTIVIDAD	Prevención	Evaluación	Fallos internos	Fallos externos	Diseño	Proceso	Gestión
13. Curso de informática	✓						✓
14. Paradas de producción por un diseño demasiado complejo		✓		✓			
15. Materiales no utilizados por no ser adecuados para el proceso productivo			✓		✓		
16. Anulación de facturas devueltas por impago de un cliente debido a que la pieza que solicitó pesa un 10% más de lo deseado				✓	✓		
17. Planificación de las actividades de ingeniería	✓				✓		
18. Coste de la obtención del Certificado de Registro de Empresa	✓						✓
19. Mala imagen ante los clientes por falta de seguridad de un producto				✓	✓		
20. Descuentos en las ventas a los clientes por retrasos en la entrega provocado por escaso mantenimiento de los equipos				✓		✓	
21. Curso de Seguridad en el Trabajo	✓						✓
22. Coste de la elaboración del Manual de Calidad por una empresa externa	✓						✓
23. Desechos durante la fabricación provocados por suciedad en un equipo			✓			✓	
24. Multas por contaminar el caudal de un río por una avería ocasionada en un reactor				✓		✓	

(continúa)

ACTIVIDAD	Prevención	Evaluación	Fallos internos	Fallos externos	Diseño	Proceso	Gestión
25. Desmotivación del personal			✓				✓
26. Aseguramiento de la calidad de los proveedores	✓						✓
27. Pérdida de un cliente porque nuestros artículos no son ecológicos y consumen demasiada materia prima			✓	✓			
28. Errores de la agencia contratada en los folletos de publicidad divulgados				✓			✓
29. Inventario excesivo del producto final por no ajustarse el artículo a las expectativas del cliente			✓		✓		
30. Errores en el diseño de una máquina			✓		✓		

Capítulo 2

TÉCNICAS BÁSICAS DE MEJORA DE LA CALIDAD: LAS 7 H

INTRODUCCIÓN

En concordancia con las distintas posiciones descritas en el capítulo anterior en relación a la mejora, para llevarla a cabo se hace necesario el empleo de una sistemática que facilite su puesta en práctica. Es por ello que, bajo esta perspectiva, se han agrupado un conjunto de herramientas o técnicas, cuyos conceptos y modo de utilización se han divulgado a nivel mundial en todo tipo de organizaciones.

Las técnicas que se estudiarán en este capítulo constituyen el nudo inicial a partir del cual se han ido agrupando otra serie de herramientas bajo el adjetivo de «calidad» y se caracterizan por su sencillez conceptual y la descripción gráfica de los problemas que se analizan mediante ellas.

2.1. FINALIDAD DE LAS TÉCNICAS DE MEJORA

El objetivo de las técnicas de mejora es proporcionar los instrumentos adecuados en la resolución sistemática de problemas.

El uso de una metodología en la resolución de problemas evita, en principio, los siguientes inconvenientes:

- No recopilar todos los datos fundamentales del problema.
- No definir con exactitud el problema.
- Intentar resolver problemas que van más allá de la influencia o capacidad del equipo en la resolución.
- Llegar a una conclusión sin el análisis eficaz de todos los aspectos del problema.
- No establecer el plan adecuado para evaluar e implantar la solución recomendada.

La Organización Internacional de Normalización (ISO-International Organization for Standardization) ha recogido en la norma ISO 9004-4, idéntica a la norma elaborada por AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación), UNE 66904-4, *Gestión de la calidad y elementos del sistema de*

la calidad. Parte 4: directrices para la mejora de la calidad las herramientas que considera adecuadas para la mejora, diferenciando entre las adecuadas para datos numéricos y datos no numéricos. Al desarrollar cada una de las técnicas se indicará su inclusión en la citada norma.

2.2. LAS SIETE HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD (7 H)

Estas técnicas están diseñadas para proporcionar vías sistemáticas y efectivas, cuando un grupo debe asimilar ideas sobre qué problemas acometer. Con ello se pretende que un grupo o equipo obtenga la información que le permita aislar las causas del problema y generar ideas para enfrentarse a dichas causas y así resolver el problema. Están asociadas a la **mejora reactiva**.

Kaoru Ishikawa, impulsor de los círculos de calidad en Japón, formó a sus componentes en el uso de las técnicas que se describirán a continuación, como medio de resolución de problemas. Todas ellas, con la excepción de la estratificación están recogidas por la norma UNE 66904-4, y son:

- Hoja de recopilación de datos
- Diagrama causa-efecto
- Histograma
- Estratificación
- Diagrama de Pareto
- Diagrama de dispersión
- Gráficos de control

Algunas de ellas son técnicas estadísticas, pero en su desarrollo se ha eludido, en lo posible, profundizar en este aspecto con el objeto de facilitar su comprensión y de incidir precisamente en el aspecto más relevante desde la perspectiva de herramienta de la calidad, es decir, en su finalidad.

2.2.1. Hoja de recopilación de datos

Código producto Tipo de error	A	B	C
I	//	////	//
II	///	/	### //

A) *Concepto*

Las Hojas de Recopilación de Datos son unos impresos que se diseñan para que la obtención de los datos resulte sencilla y para que su presentación sea ordenada de forma que facilite su posterior utilización y análisis.

A título de ejemplo, se enumeran algunos de los tipos de datos que pueden ser mostrados mediante las Hojas de Recopilación:

- Número de veces que sucede un determinado acontecimiento.
- Tiempo de demora en realizar una tarea.
- Coste de una actividad durante un período de tiempo.
- Frecuencia de ocurrencia de un suceso (por máquina, por equipo de trabajo, etc.).
- Impacto de una acción durante un período de tiempo.

B) Desarrollo

Antes de iniciar el diseño de la Hoja de Recopilación se ha de reflexionar sobre qué se desea conocer exactamente y cuál es la forma más fiable de recopilar esa información (personal encargado de la recogida de los datos y puntos, tiempo y circunstancias del proceso en los que se van a obtener estos datos).

Una vez definidos los aspectos anteriores, se diseña el impreso, teniendo en consideración los siguientes puntos:

- La anotación de los datos ha de resultar sencilla.
- Los conceptos que aparezcan en el impreso han de ser de fácil interpretación, evitando que induzcan a malentendidos o errores.
- El impreso debe ser completo, de forma que incluya los espacios necesarios para anotar toda la información de utilidad.
- El apariencia del impreso debe ser estructurada para que se facilite el análisis de los datos.

Para que una Hoja de Recopilación sea válida ha de responder a las siguientes cuestiones:

- ¿Contesta la recogida de datos al objeto planteado?
- ¿Contempla todas las variables del proceso?
- ¿Es factible la obtención de los datos reflejados en el impreso?

C) Análisis

Una vez recopilados los datos cabe la posibilidad de que se hayan producido sesgos debido a una serie de circunstancias durante el proceso de obtención de los mismos. Estos sesgos pueden ser de los siguientes tipos:

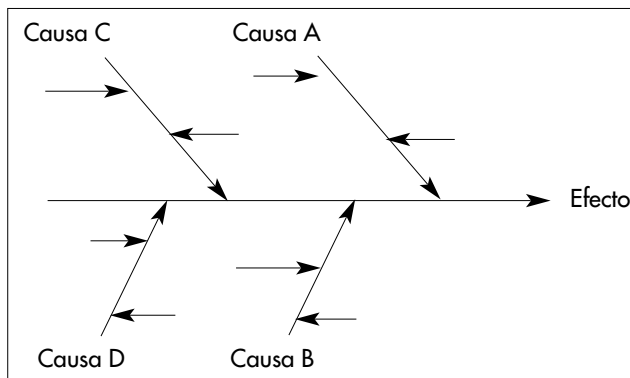
- Sesgo por omisión: se produce cuando no se han recogido los datos en todos los puntos, tiempos y condiciones previstas para los que estaba diseñada la Hoja.
- Sesgo por interacción: ocurre cuando al efectuar la toma de datos se alteran las condiciones del proceso.

La Hoja diseñada para el presente caso, se ha completado con unos datos producidos durante la mecanización, que demuestran la utilidad de la misma. Se puede observar directamente cómo el día miércoles en el primer turno se incrementaron notablemente los defectos debido a un desajuste en la máquina (la Hoja permitió el análisis directo del problema y ayudó a encontrar la causa del mismo).

Con independencia de este problema puntual (causa de variación asignable o especial), el responsable de Producción considera excesivo el número de defectos provocados, por lo que tendrían que seguir investigando los motivos por los que se ocasionan.

MÁQUINA-HERRAMIENTA: A MATERIAL: PIEZA DE ALUMINIO		SEMANA: 20 TÉCNICO DEL: TURNO 1: Sr. Pérez TURNO 2: Sr. López				
Marcar para cada defecto de la siguiente manera: / // /// //// ///// #### Al final de cada período y turno señalar el total de piezas defectuosas.						
DÍA TURNO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	TOTAL
	///	//	#####	//	/	
1	TOTAL: 3	TOTAL: 2	TOTAL: 11	TOTAL: 2	TOTAL: 1	19
2	//	###	/	///	////	
	TOTAL: 2	TOTAL: 5	TOTAL: 1	TOTAL: 3	TOTAL: 4	15
TOTAL:	5	7	12	5	5	34

2.2.2. Diagrama causa-efecto



A) *Concepto*

El Diagrama Causa-Efecto es conocido también con los nombres de Diagrama de Espina de Pescado, por la forma que adopta la mencionada herramienta, y Diagrama de Ishikawa, debido a que su creador fue Kaoru Ishikawa.

Es una representación gráfica que organiza de forma lógica y en orden de mayor importancia las causas potenciales que contribuyen a crear un efecto o problema determinado.

B) *Desarrollo*

Para la construcción de un diagrama de este tipo se siguen los pasos descritos a continuación:

- a) *Definir de forma clara y concisa el efecto o problema objeto de análisis y escribirlo en la parte derecha de la flecha que constituye el eje central del diagrama y recibe el nombre de «flecha principal».*
- b) *Determinar los «factores o causas principales» que pueden provocar el efecto, y escribirlos al principio de las flechas que confluyen, de forma inclinada, en la «flecha principal».*

Son destacables, a título orientativo, los siguientes puntos:

- En los problemas de fabricación se usan con cierta frecuencia las 5M: Mano de Obra, Maquinaria, Materiales, Métodos de Trabajo y Medio Ambiente.
- En los problemas de servicios son de utilidad: Personal, Suministros, Procedimientos, Puestos de trabajo y Clientes.

También puede utilizarse la Tormenta de Ideas o Brainstorming (descrita en el apartado 4.1.1 del capítulo 4) o cualquier proceso lógico para identificar estos factores principales.

- c) *Cada una de estas causas o factores principales está motivado a su vez por otras causas que reciben el nombre de «causas de segundo nivel». Estas causas se escribirán al inicio de las flechas paralelas a la «flecha principal», las cuales terminan en la flecha de la causa principal correspondiente.*
- d) *El proceso continúa descendiendo el nivel de las causas hasta encontrar todas las causas más probables. Para cada nivel se van identificando las posibles causas de cada factor.*

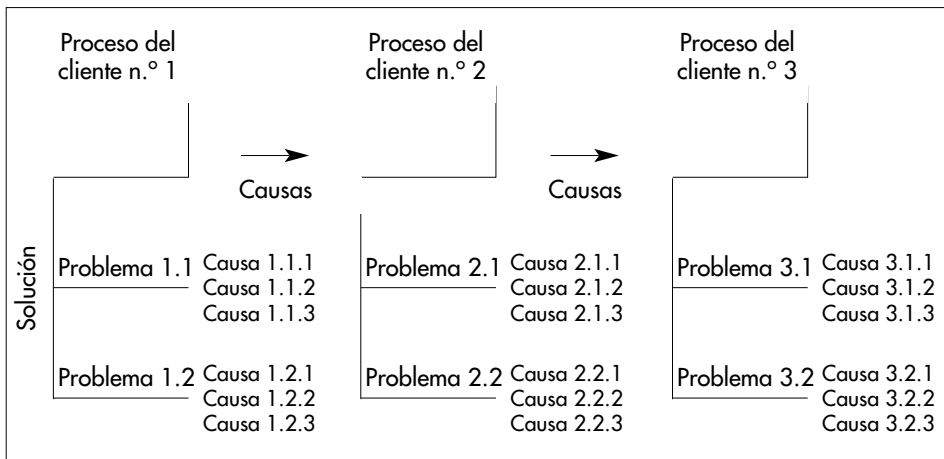
C) *Análisis*

Una vez que se ha finalizado el diagrama, se deben seleccionar las causas más probables y establecer un plan de actuación para confirmar que son da-

tos reales y no sólo una disposición ordenada de teorías. Para su correcta interpretación es necesario que todos los factores (el efecto y las causas) estén bien definidos, que no sean demasiado generales ni excesivamente ambiguos e induzcan a la confusión. Por este motivo, antes de iniciar la fase de confirmación con los datos reales, se debe verificar que el diagrama sigue una lógica leyendo cada cadena de causas en dirección al efecto.

Este diagrama es muy útil cuando se ha realizado una sesión de Tormenta de Ideas que ha dado como resultado una gran cantidad de ideas dispersas (véase capítulo 4), pues permite mostrarlas de forma estructurada.

Dadas sus múltiples aplicaciones, actualmente se ha encontrado una nueva utilidad para las empresas de servicios (Hermans, 1997); consiste en unir diagramas modificados de Ishikawa con grupos de enfoque hacia el cliente; cada grupo representa un proceso, los cuales se enumeran de izquierda a derecha, comenzando por el problema origen. Para cada proceso se listan los posibles problemas y las causas potenciales de cada uno de ellos. Ha sido desarrollado por Metrobank en Estados Unidos.



EJEMPLO 2.2

La empresa Precisa va a continuar con el proceso de mejora de sus actividades, y en primer lugar desea encontrar las causas no asignables que ocasionan un gran número de piezas defectuosas que tienen que ser rechazadas.

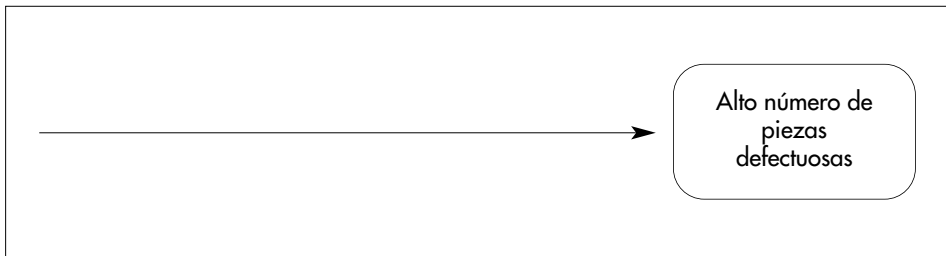
El Director de Producción ha decidido mantener una reunión con sus técnicos para averiguar dónde se esconde el problema. De dicha reunión se obtuvo un Diagrama Causa-Efecto que representaba un conjunto de factores que podían estar involucrados en el problema detectado.

¿Cuál sería el posible diagrama obtenido?

Solución propuesta

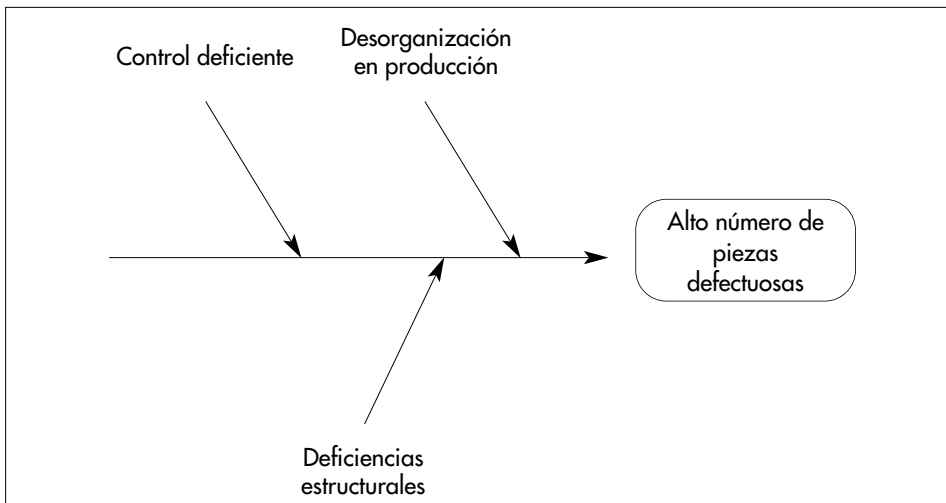
El equipo fue realizando el Diagrama según los pasos descritos en el apartado B. Desarrollo:

- a) Definición del efecto: «Alto número de piezas defectuosas».

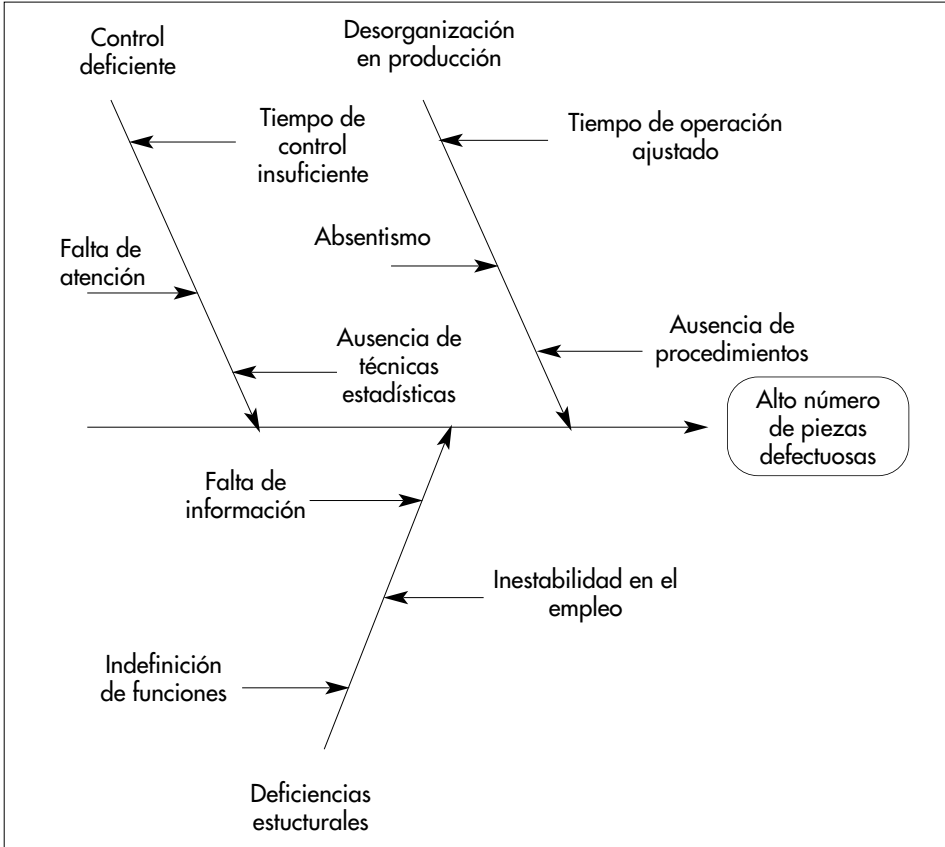


- b) Determinación de las causas principales.

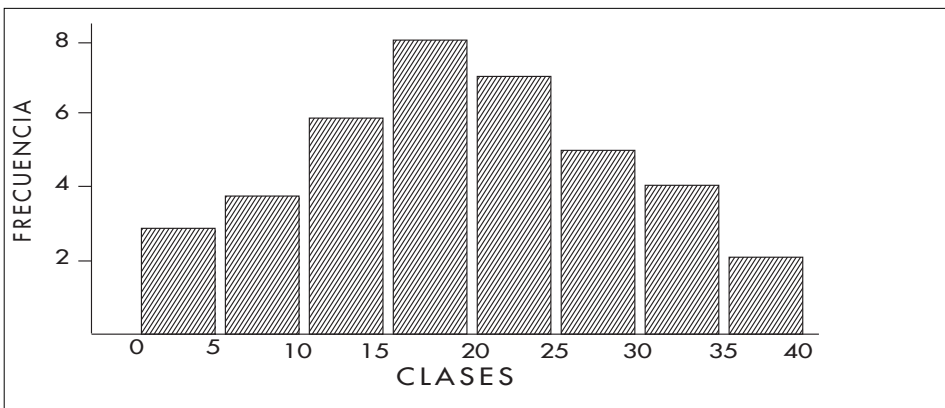
Para la realización de este paso el equipo de trabajo llevó a cabo un proceso lógico para obtener una lista de teorías sobre las posibles causas del problema. Como resultado de las posibles causas principales —control deficiente, desorganización en producción y deficiencias estructurales— se obtuvo el siguiente diagrama:



- c) Se buscan las causas secundarias que provocan los efectos señalados como causas primarias del efecto principal.



2.2.3. Histograma



A) *Concepto*

El Histograma muestra, de forma gráfica, la distribución de las variaciones producidas en una determinada característica. Debido a su impacto visual, es una herramienta eficaz para la interpretación de los datos. Representa la frecuencia con la que se presentan los diferentes grupos de la característica objeto de estudio y es útil, previo a su desarrollo, emplear para el registro de los datos una Hoja de Recopilación.

B) *Desarrollo*

Una vez registrados los datos en una Hoja de Recopilación se ejecutan los siguientes pasos:

- a) *Se identifican el valor máximo (V_{max}) y el valor mínimo (V_{min}) de los datos obtenidos.*
- b) *Se define el recorrido (R) de estos datos que corresponde a la diferencia entre el valor máximo y mínimo de los mismos.*

$$R = V_{max} - V_{min}$$

- c) *Se determina el número de clases de las que va a constar el Histograma.*

Las clases son los intervalos en que puede dividirse la característica que se está considerando.

A título orientativo, se recomienda:

- Si el número de datos (N) es menor de 50, se tomarán como número de clases entre 5 y 7.
- Si el número de datos (N) es mayor de 50 se tomarán:

$$(N/50) + 6 \text{ clases}$$

- d) *Se define la amplitud del intervalo de cada clase, teniendo en cuenta que todas ellas tendrán la misma amplitud de intervalo y que no habrá solapamiento entre las mismas.*

$$\text{Amplitud del intervalo} = \frac{R}{\text{Número de clases}} = \frac{V_{max} - V_{min}}{\text{Número de clases}}$$

La amplitud del intervalo se encuentra dividiendo el recorrido por el número de clases.

- e) *Se calcula la frecuencia de cada clase, efectuando un recuento previo de los datos obtenidos, de forma acumulativa para cada valor.*

CLASE	TOTAL
0 - 5	4
5 - 10	1
10 - 15	6
15 - 20	3
20 - 25	4
25 - 30	2
	20

f) Se trazan los ejes del diagrama, donde aparecerá el Histograma. El eje de abscisas corresponde a la característica en estudio y en él se sitúan las clases definidas, mientras que en el eje de ordenadas se ubica la frecuencia de los datos. A continuación se dibuja el Histograma, trazando barras que tienen de base la amplitud del intervalo de cada clase, y de altura la frecuencia de las mismas.

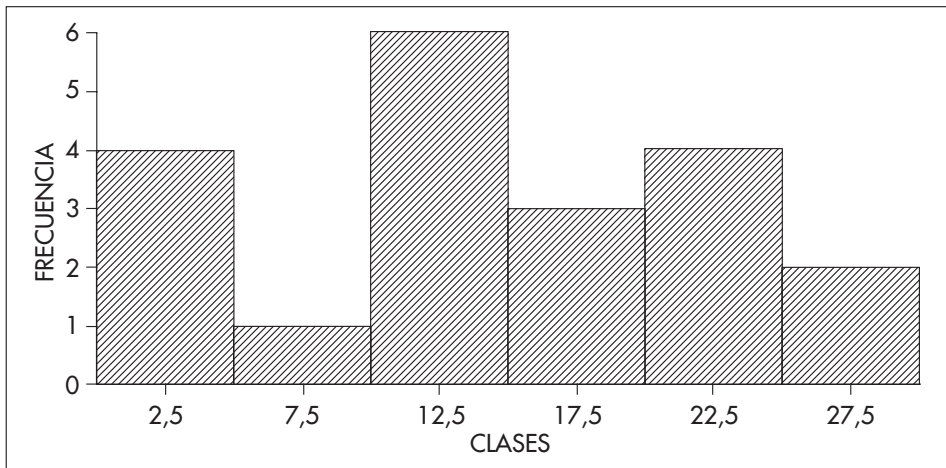
Para el anterior ejemplo, se conocen:

$$V_{\max} = 30 \quad R = 30 - 0 = 30$$

$$\Rightarrow \text{N}^{\circ} \text{ de Clases} = 6$$

$$V_{\min} = 0 \quad \text{Amplitud} = (R / \text{N}^{\circ} \text{ clases}) = 30 / 6 = 5$$

g) Se dibujan los límites de las especificaciones —si hubiera— de la característica en estudio, para que ayude a la interpretación de los datos.



C) Análisis

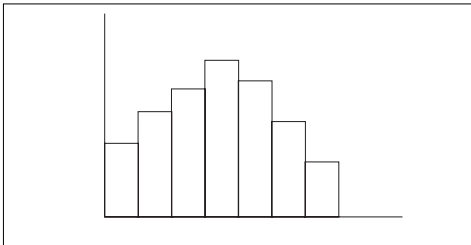
El Histograma ayuda a determinar las pautas de variación de los datos recogidos y a elaborar una explicación sobre la causa del problema que se está

estudiando. Para que esto sea así debe recopilarse una muestra representativa y de tamaño suficiente de datos exactos, significativos y carentes de sesgos.

Existen una serie de distribuciones típicas que aparecen en la elaboración de un Histograma; estas distribuciones son las siguientes:

- Normal o de Campana o Simétrica Unimodal.
- Sesgada.
- Triangular.
- Bimodal.
- Rectangular.
- Truncada.
- Sin datos en la zona central.
- Con picos en las colas.

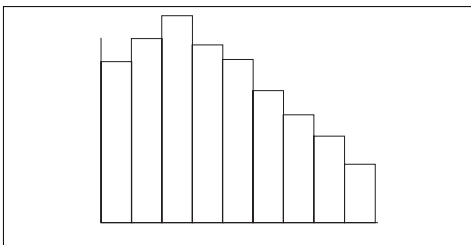
a) Distribución Normal o de Campana o Simétrica Unimodal



Es la distribución más habitual en la mayoría de los procesos industriales y en muchos procesos de la naturaleza.

Sin embargo, su aparición no significa que el funcionamiento del proceso sea correcto.

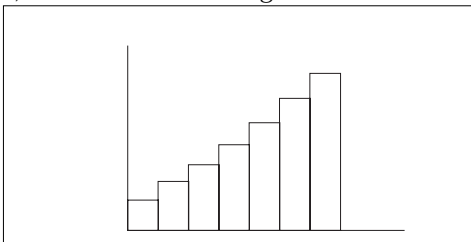
b) Distribución Sesgada



Es una distribución asimétrica, con un pico descentrado.

Es típica de datos económicos y de datos parciales de un proceso.

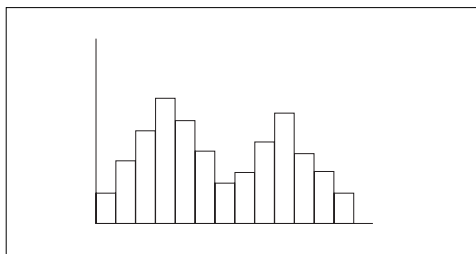
c) Distribución Triangular



Es una distribución asimétrica, con un pico descentrado en un extremo.

Es habitual en procesos incapaces de superar un valor o en un proceso sometido a una selección del 100% en alguno de sus rasgos.

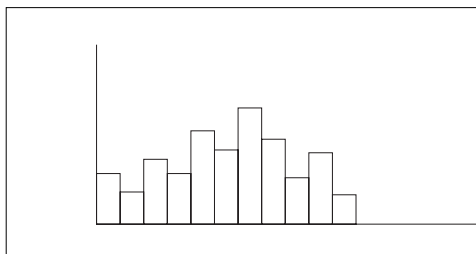
d) Distribución Bimodal



Es similar a dos distribuciones de campana unidas por medio de un valle en el centro del conjunto de la distribución.

Suele ser el resultado representar valores obtenidos a partir de dos procesos distintos.

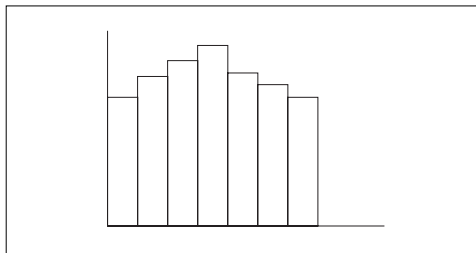
e) Distribución Rectangular



Es una distribución uniforme, con altos y bajos alternándose.

Su aparición es indicativa de que se han mezclado datos de varios procesos o se han producido errores de medición.

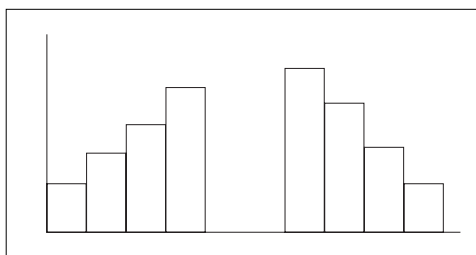
f) Distribución Truncada



Es una distribución cortada en sus extremos.

Suele aparecer en muestras que no cumplen las especificaciones o cuando se ha producido una mala elección del número de clases (menor del adecuado).

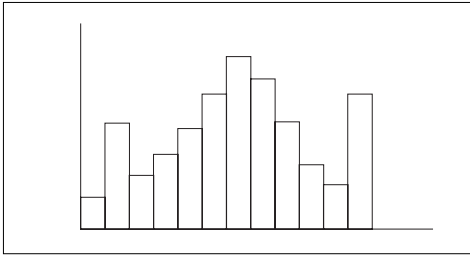
g) Distribución sin datos en la zona central



Aparece cuando el producto de mayor variabilidad dentro del proceso ha sido seleccionado con antelación.

Suele darse cuando se compra material de peor calidad.

h) Distribución con picos en las colas

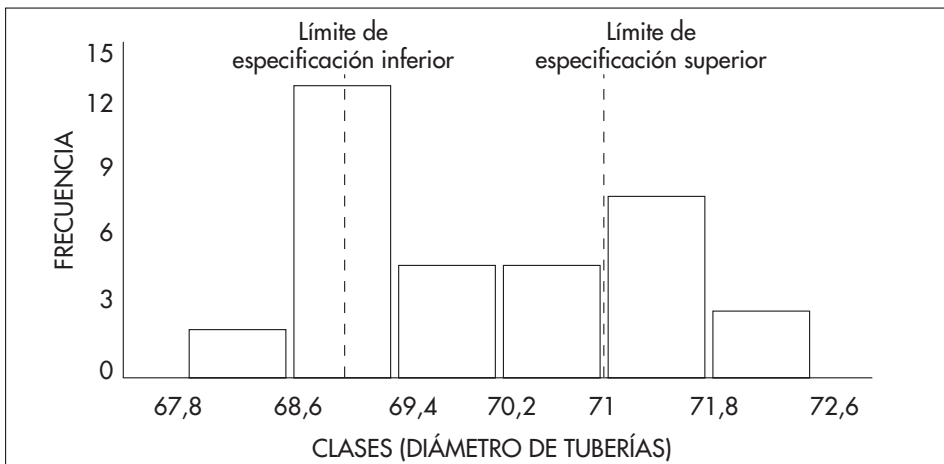


Cuando se observan picos en los extremos del Histograma, además del pico central suele ser indicativo de reproceso de algunos elementos que se encuentran fuera de tolerancias.

EJEMPLO 2.3

Una empresa ha recibido un suministro de tuberías de acero aleado de 70 mm de diámetro, el cual se fabrica con unas tolerancias de 1 mm.

Con los datos de los diámetros de las tuberías entregadas, se ha realizado el correspondiente histograma. Analice este histograma, con los datos que se muestran a continuación:

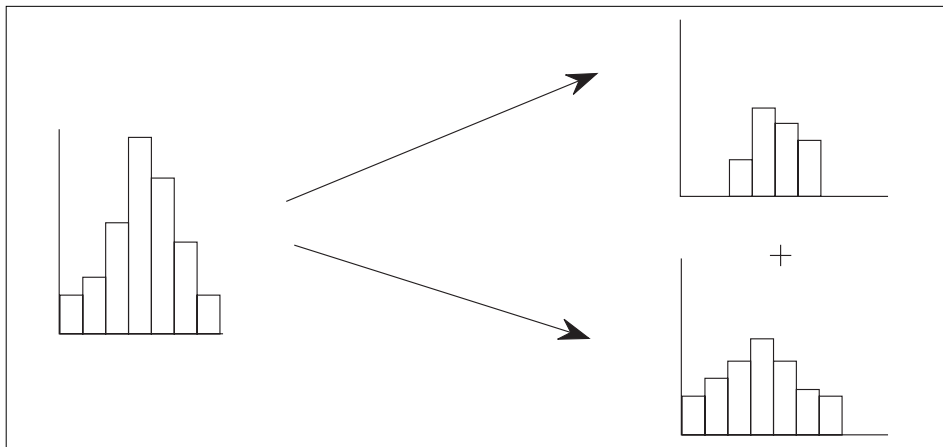


Solución propuesta

En vista del histograma, el cual muestra una distribución bimodal indicativa de la existencia de dos procesos, se puede deducir que el proveedor no está suministrando las tuberías de mayor calidad, porque con toda probabilidad se las enviará a otro cliente. Además, hay tuberías que no cumplen las especificaciones y se pasan del límite de tolerancias.

Está claro que no es un suministrador fiable y convendría cambiar a otro o bien exigirle un control más estricto de la calidad de sus productos para seguir encargándole pedidos.

2.2.4. Estratificación



A) Concepto

La Estratificación se basa en la desagregación de los datos recopilados en varios grupos, atendiendo a su procedencia. Para ello ha de tenerse en cuenta que la proporción de los mismos sea coherente con el total.

B) Desarrollo

Para llevar a cabo la estratificación se desarrollan los siguientes pasos:

- a) *Se define completamente la característica objeto de estudio.*
- b) *Se representan los datos recopilados de la característica a analizar. Puede realizarse mediante un Histograma, un Diagrama de Dispersión, etc.*
- c) *Se identifican los factores de estratificación acordes con lo que se desea analizar. Algunos de estos factores habitualmente empleados son:*
 - Materiales: en función de los proveedores que los suministran, de su composición, etc.
 - Períodos de tiempo: como turnos, estaciones, etc.
 - Equipos: en relación a la edad, a la tecnología, etc.
 - Trabajadores: atendiendo a criterios como la formación o la experiencia.
 - Métodos de trabajo: como el tipo de control de las medidas, inspectores que han efectuado el trabajo o procedimientos seguidos.
- d) *Se realiza una clasificación de los datos atendiendo a los factores de estratificación, quedando tales datos agrupados de forma homogénea.*

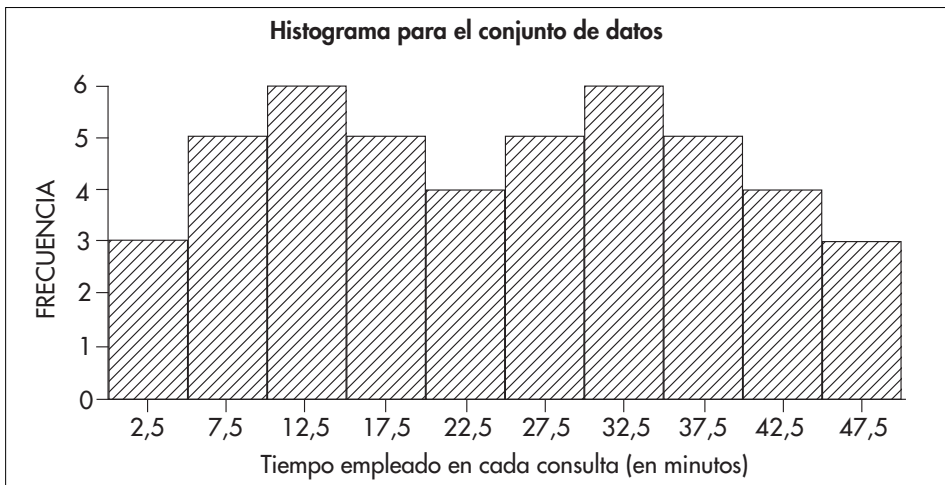
- e) *Se representan gráficamente cada uno de los grupos homogéneos establecidos.*
- f) *Se lleva a cabo una comparación entre cada grupo para determinar si aparecen diferencias significativas y ratificar, de esta manera, si la estratificación tiene sentido.*

C) *Análisis*

El sentido de la estratificación es facilitar la comprensión de un problema. Cuando los datos se muestran agrupados no siempre es posible extraer conclusiones e incluso puede dar la impresión de que el proceso funciona correctamente, cuando en la realidad se están observando defectos. Por tanto, ayuda a hallar la causa raíz.

EJEMPLO 2.4

Un centro médico de una pequeña población se colapsa durante ciertas horas del día. Esto ha provocado quejas por parte de algunos pacientes. El equipo médico, compuesto por dos doctores y una enfermera, ha pedido más personal, pero la respuesta obtenida ha sido negativa debido a que tienen el mismo número de personas en su equipo que otras poblaciones del mismo número de habitantes.



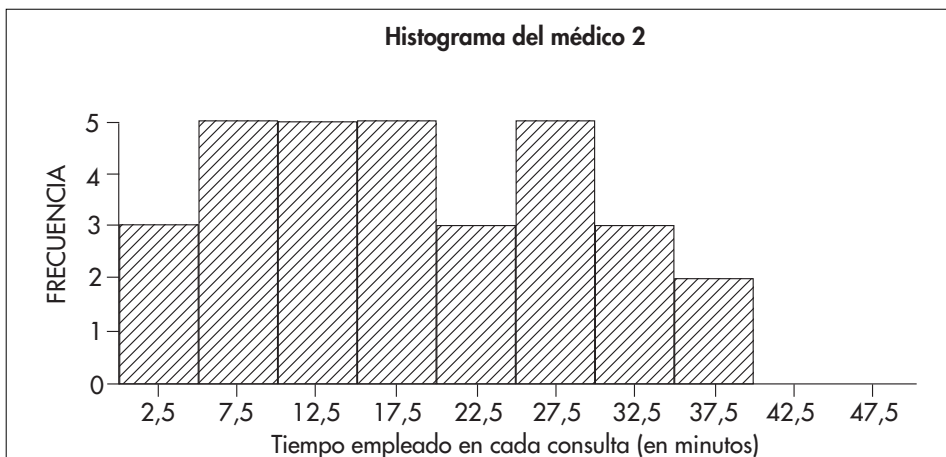
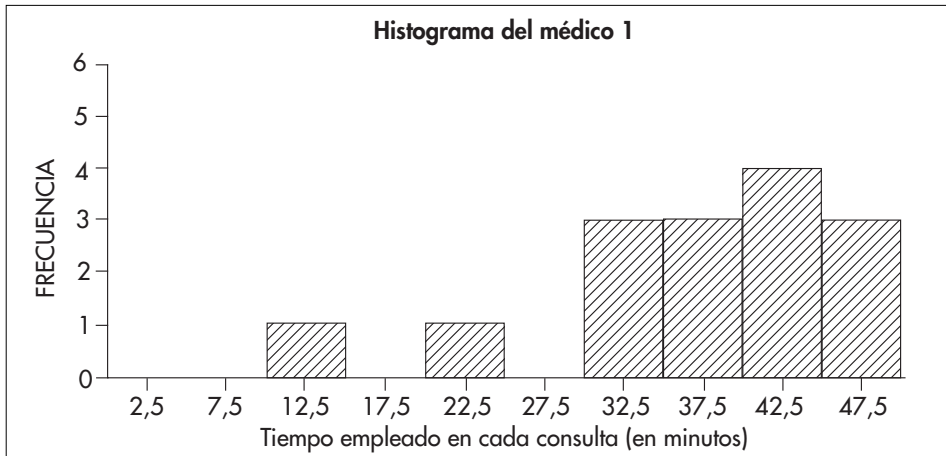
En vista del Histograma, que contiene datos recogidos durante un día normal de trabajo, razonar qué está ocurriendo.

Solución propuesta

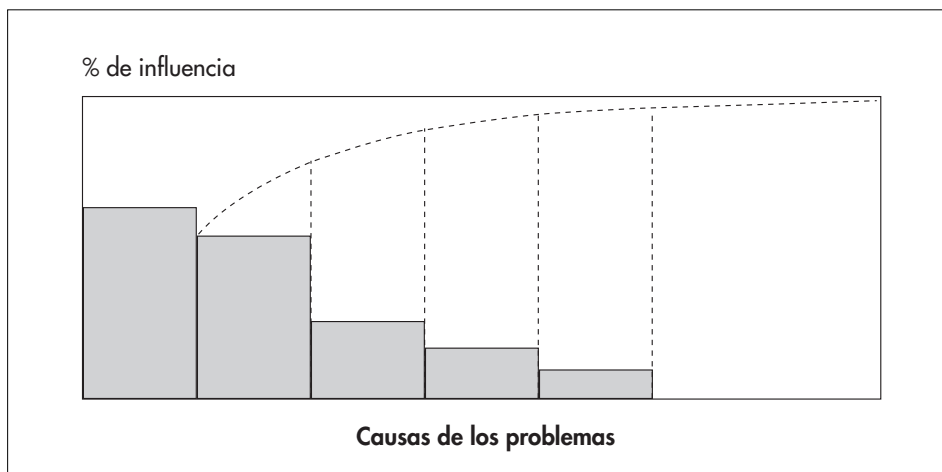
Debido a que en este caso el problema puede corresponder a cada uno de los trabajadores (médicos) —pues el Histograma presenta aparentemente una distribución bimodal— se han estratificado los datos, agrupándolos en médico 1 y médico 2. Los histogramas obtenidos después de la estratificación han sido los siguientes:

Con estos dos histogramas se observa que la atención prestada por ambos profesionales es distinta, mientras que el médico 1 dedica a cada paciente, en general, más de 30 minutos, el médico 2, es más rápido pero atiende a un número mucho mayor de consultas.

Luego, si el tipo de trabajo que llevan a cabo es similar la situación podría mejorarse con un incremento del número de pacientes recibidos por el médico 2. Sin la estratificación este análisis no hubiera sido posible.



2.2.5. Diagrama de Pareto



A) Concepto

El Diagrama de Pareto es una representación gráfica que ordena las causas de un problema de mayor a menor repercusión. Muestra cómo unas causas, «pocas y vitales» son responsables de la mayor parte de los defectos (aproximadamente el 80%), y las separa de las «muchas y triviales» que son responsables, solamente del 20%. Esta técnica recibe el nombre de Pareto en honor al conde Vilfredo Pareto, un economista italiano del siglo XIX.

B) Desarrollo

Para la construcción del Diagrama de Pareto se siguen los pasos citados a continuación:

- Disposición de los datos.* Es necesario recopilar los datos y verificar que éstos son correctos. El problema sobre el que se realiza el análisis debe ser mensurable y cuantificable.

Deben identificarse todos los elementos que influyen en el problema objeto del Diagrama, para lo cual puede utilizarse otra técnica de gestión como la Tormenta de Ideas o el Diagrama Causa-Efecto. Estos elementos deben ser también mensurables y expresados en forma cuantitativa.

- Anotación de la magnitud de cada elemento que contribuye al estudio, y se ordenan de mayor a menor.* Se calcula también la magnitud total del conjunto de los mismos.

Origen de la causa	Número de defectos
A	55
B	22
C	12
D	7
Total	96

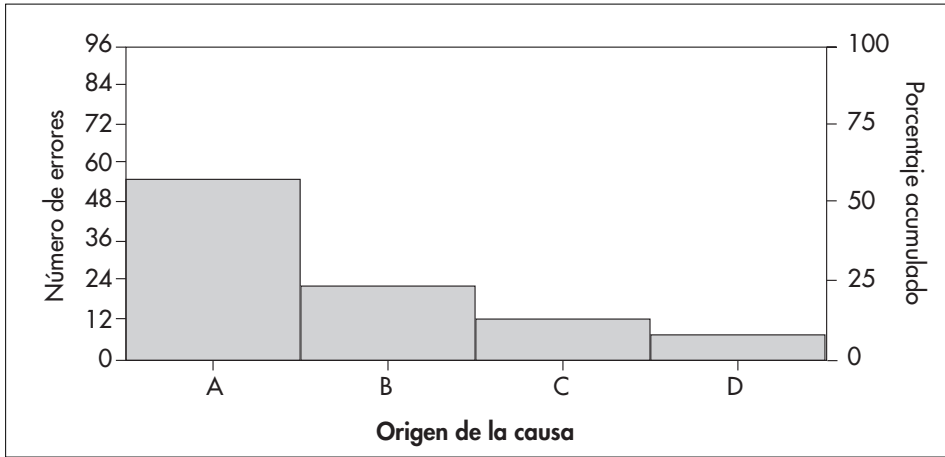
- c) Se calcula el porcentaje total que representa cada elemento, así como el porcentaje acumulado. El primero de ellos se calcula de la siguiente manera:

$$(\%) = \frac{\text{Magnitud del elemento}}{\text{Magnitud total de los elementos}} \times 100$$

El porcentaje acumulado para cada uno de los elementos que contribuyen al problema se obtiene mediante la suma de los porcentajes de los elementos anteriores más el porcentaje del propio elemento del que se trate.

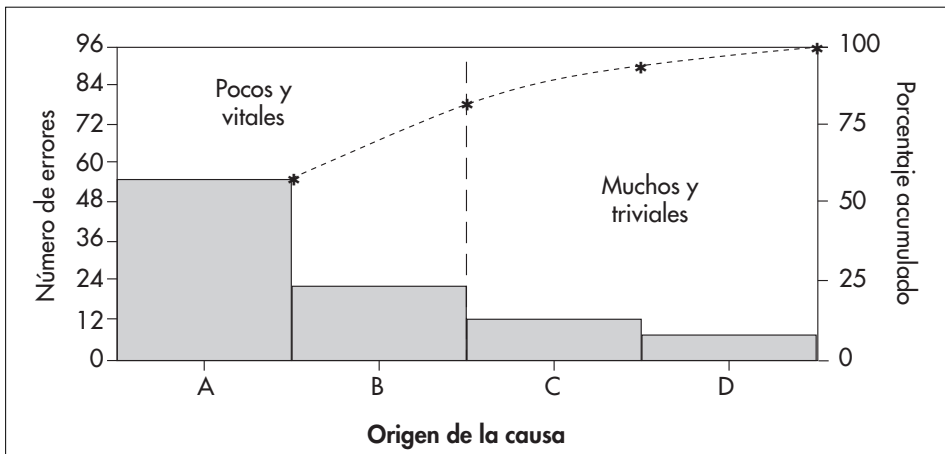
Origen de la causa	Número de defectos	Número de defectos acumulados	Porcentaje del total (%)	Porcentaje acumulado (%)
A	55	55	57,29	57,29
B	22	77	22,92	80,21
C	12	89	12,50	92,71
D	7	96	7,29	100
Total	96	96	100	

- d) Se trazan los ejes del Diagrama . En el eje vertical izquierdo se representan las magnitudes de los distintos efectos; la escala del eje está comprendida entre cero y la magnitud total de los efectos. En el eje vertical derecho se representan los porcentajes acumulados, por tanto su escala es de cero a cien; el punto que representa a cien está alineado con el que muestra la magnitud total de los efectos detectados. Por último, el eje horizontal muestra los distintos factores que contribuyen al problema.
- e) Se trazan las barras correspondientes a cada elemento que contribuye al efecto final. La altura de cada barra representa su magnitud por medio del eje vertical izquierdo.



f) Se representa el gráfico lineal que representa el porcentaje acumulado que se había calculado con anterioridad. Se marca el punto que une la prolongación del margen derecho de cada una de las barras con la magnitud del porcentaje acumulado correspondiente. Después se conectan estos puntos.

A continuación se indican ahora los elementos «pocos y vitales» y los «muchos y triviales». La separación de los tipos de elementos se basa en el cambio de inclinación de los segmentos que componen el gráfico.



C) Análisis

Con la obtención de un Diagrama de Pareto se centra la atención del problema sólo en las causas que ocasionan mayor influencia en el efecto en es-

tudio, lo que es fundamental para una correcta planificación de la calidad, tal y como señala Juran (véase capítulo 1). Esto permite un ahorro de recursos humanos y materiales al evitar resolver cuestiones que aportan poco a la mejora de un proceso.

Si una vez obtenido el Diagrama no se distinguen claramente los elementos «pocos y vitales» de los «muchos y triviales», conviene realizar una nueva agrupación de las causas que se cree que ocasionan el problema, o bien realizar una estratificación de los datos que confluyen en la zona dudosa de clasificar.

Una de las grandes ventajas de esta herramienta —aunque no exclusiva de ella— es su tremenda polivalencia. A nivel industrial pueden citarse como ejemplos, su uso en:

- la seguridad laboral, para determinar las causas de los accidentes o incidentes;
- el mantenimiento, para determinar las causas de las averías (desgaste, errores de diseño, política de mantenimiento errónea, problemas con los suministros de piezas, mal uso de los equipos).

EJEMPLO 2.5

Los datos de la siguiente tabla pertenecen a la compañía Mecasa, la cual se dedica a la distribución de productos mecánicos. Estos datos corresponden al volumen de ventas y al precio de los artículos de una determinada gama de sus productos durante el último año, así como el valor monetario anual (consumo anual por el precio de venta).

Artículo	Ventas anuales	Valor unitario	Valor monetario anual
A001	8.000	1.200	9.600.000
A002	3.000	1.000	3.000.000
A003	2.500	500	1.250.000
A004	100	9.000	900.000
A005	4.500	2.500	11.250.000
A006	300	3.000	900.000
A007	6.000	4.500	27.000.000
A008	2.550	7.500	19.125.000
A009	1.250	8.000	10.000.000
A010	1.500	3.000	4.500.000

Esta información ha sido recogida por el Director Comercial de Mecasa quien desea conocer sobre qué artículos debe concentrar su atención para

mantener el nivel de las acciones emprendidas el año anterior, ya que el presupuesto para lo que queda del presente año está casi agotado.

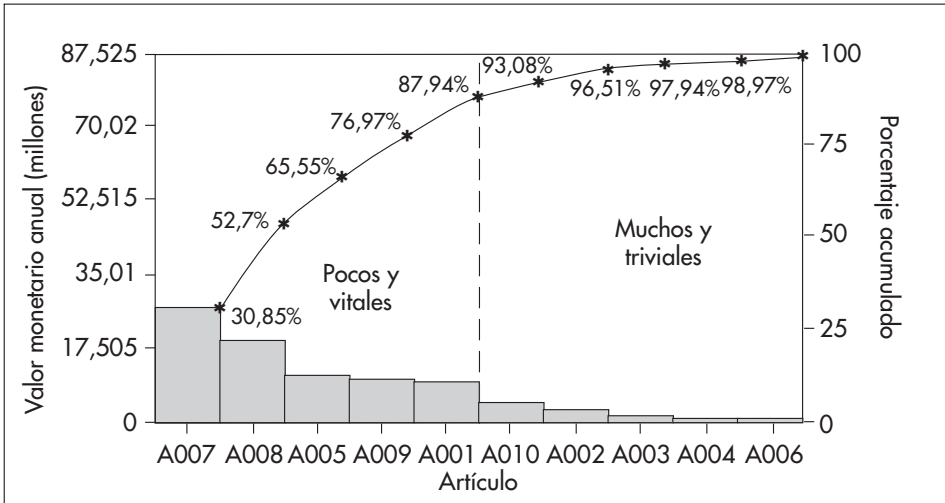
El Director Comercial decidió encargar a uno de sus colaboradores la realización de un Diagrama de Pareto para encontrar una respuesta. La obtención del Diagrama le serviría para justificar su decisión ante el Director de Mecasa, y además dada las características del propio Diagrama, por su representación visual tan clara de una situación, piensa que tampoco perdería tiempo en convencer al Director.

Solución propuesta

Para realizar el Diagrama se ordenan los artículos por orden decreciente del valor monetario anual y se calculan los porcentajes acumulados de los distintos artículos.

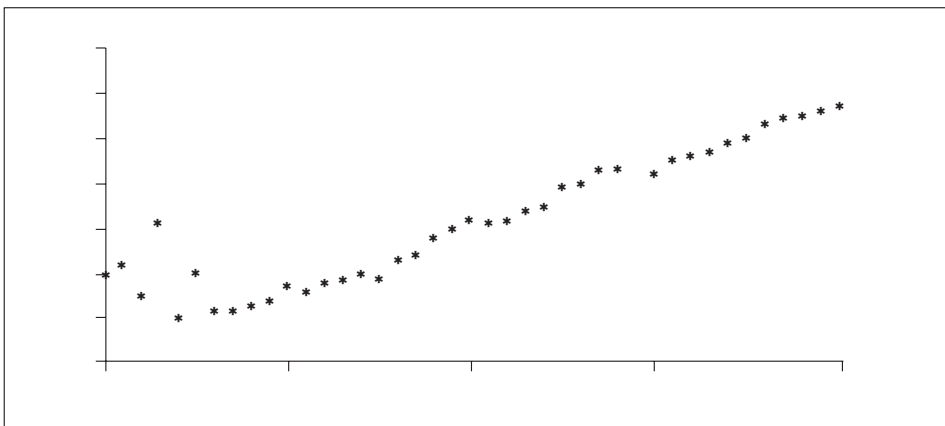
Artículo	Valor monetario anual	Valor monetario anual acumulado	Porcentaje del total del valor monetario anual	Porcentaje acumulado
A007	27.000.000	27.000.000	30,85	30,85
A008	19.125.000	46.125.000	21,85	52,7
A005	11.250.000	57.375.000	21,85	65,55
A009	10.000.000	67.375.000	11,42	76,97
A001	9.600.000	76.975.000	10,97	87,94
A010	4.500.000	81.475.000	5,14	93,08
A002	3.000.000	84.475.000	3,43	96,51
A003	1.250.000	85.725.000	1,43	97,94
A004	900.000	86.625.000	1,03	98,97
A006	900.000	87.525.000	1,03	100
Total	87.525.000	87.525.000	100	

Se dibuja ahora el diagrama, representando en el eje horizontal los artículos, en el eje vertical derecho el porcentaje acumulado y en el eje vertical izquierdo el valor monetario anual.



Una vez obtenido el Diagrama de Pareto se observa que, con los datos analizados, el Director Comercial deberá dar prioridad en las actividades que emprenda a los productos codificados como: A007, A008, A005, A009 y A001. Es decir, centrándose solamente en la mitad de los artículos, puede obtener unos ingresos muy superiores a los logrados el año anterior.

2.2.6. Diagrama de dispersión



A) Concepto

El Diagrama de Dispersión o de correlación es la representación gráfica del grado de relación entre dos clases de datos, pero no indica la naturaleza de su relación.

Antes de la construcción del Diagrama se debe reflexionar sobre la teórica relación de los datos, pues el hecho de que exista correlación entre ellos no significa que exista causalidad.

B) Desarrollo

Para el desarrollo de esta técnica se siguen los siguientes pasos:

- a) *Recopilar un número de pares de los valores del problema en estudio que permita analizar la situación.* En general, 20 pares de valores se considera suficiente.
- b) *Observar los valores máximo y mínimo de los dos grupos de datos, para escoger la escala de representación adecuada a los mismos y evitar así errores de interpretación.*
- c) *Representar en unos ejes de coordenadas los valores recogidos.* Para ello se toma el eje de ordenadas para la clase de datos que se considera dependiente y el eje de abscisas para la clase de datos que se considera como independiente, y anotando para cada par de datos un punto en el gráfico.

La relación obtenida en el gráfico podría medirse ajustando una línea al conjunto de los puntos, o por métodos estadísticos, calculando la recta de regresión que mide el grado de correlación.

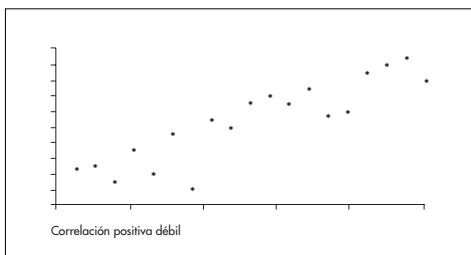
La regresión puede ser simple si depende de un solo factor o múltiple si depende de varios factores. Por otra parte se puede realizar una regresión lineal si el modelo matemático es lineal, o una regresión no lineal si la relación entre los factores no es una relación lineal. Para mayor información véase Sebastián, Bagueño y Novo (1999).

C) Análisis

El Diagrama de Dispersión puede utilizarse para determinar la relación existente entre una causa y un efecto, entre dos causas o bien entre dos efectos.

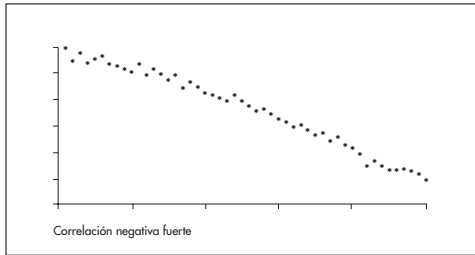
Los modelos típicos de correlación son los siguientes:

a) Correlación Lineal



Los puntos del gráfico parecen trazar una línea recta. Si la correlación es fuerte indica que con el control de una variable se logra el control de la otra.

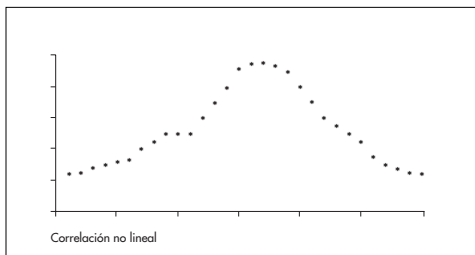
Si la correlación es débil no se puede asegurar que exista relación y habrá que seguir investigando en el problema.



Correlación Positiva. El valor de los datos del eje de ordenadas aumenta con los datos del eje de abscisas.

Correlación Negativa. El valor de los datos del eje de ordenadas disminuye al aumentar los valores en el eje de abscisas.

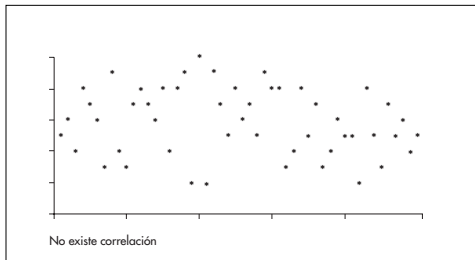
b) Correlación no Lineal



Esta variación aparece cuando los puntos del gráfico muestran curvas o bien su tendencia no está definida.

Por tanto, se requiere estudiar si siguen alguna ley no lineal o existe una agrupación de relaciones.

c) No existe Correlación



Los datos no presentan ninguna relación, pues aparecen diseminados por todo el gráfico.

En consecuencia, se tendrían que buscar relaciones entre otro tipo de datos.

Las conclusiones extraídas de un Diagrama de Dispersión solamente son válidas para el rango de los datos analizados, no es posible extrapolar sus resultados.

EJEMPLO 2.6

Un fabricante de un tipo determinado de piezas tiene que someter a las mismas a un ensayo destructivo para verificar que cumplen las condiciones que su cliente exige.

El ensayo consiste en evaluar el alargamiento de la pieza, y para lograr el mismo propósito sin llegar a su destrucción, está buscando otra cualidad intrínseca a la pieza que esté relacionada con el alargamiento.

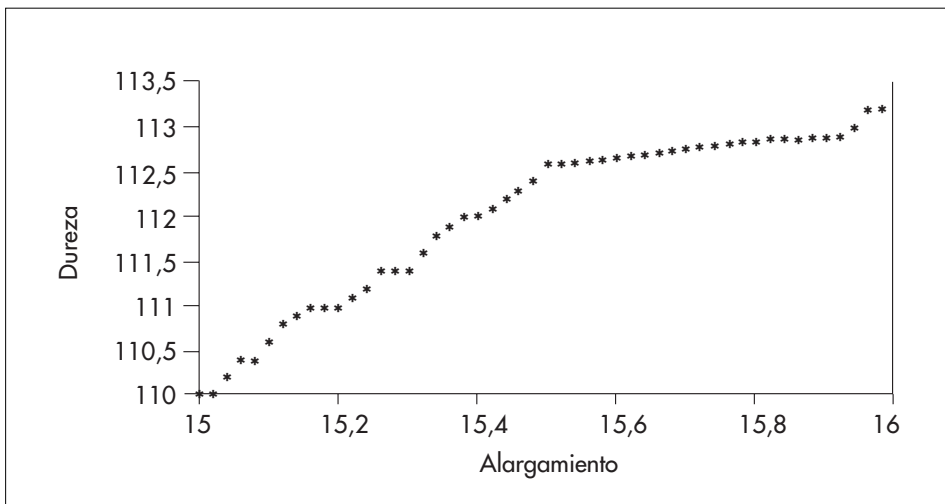
En primer lugar se pensó que la dureza podía ser la cualidad que busca, para lo cual se recogieron para 50 datos de alargamiento y se midió la dureza.

za que le correspondía. Si encontraba una relación positiva o negativa fuerte entre ellos, en las condiciones de funcionamiento del proceso, se pasaría a medir la dureza de las piezas, evitando de esta forma la destrucción de las mismas.

Los datos hallados fueron los siguientes:

Alargamiento	Dureza	Alargamiento	Dureza	Alargamiento	Dureza	Alargamiento	Dureza
15	110	15.26	111.40	15.52	112.60	15.78	112.84
15.02	110	15.28	111.40	15.54	112.60	15.80	112.84
15.04	110.20	15.30	111.40	15.56	112.62	15.82	112.86
15.06	110.40	15.32	111.60	15.58	112.64	15.84	112.86
15.08	110.40	15.34	111.80	15.60	112.66	15.86	112.86
15.10	110.60	15.36	111.90	15.62	112.68	15.88	112.88
15.12	110.80	15.38	112	15.64	112.70	15.90	112.88
15.14	110.90	15.40	112	15.66	112.72	15.92	112.90
15.16	111	15.42	112.10	15.68	112.74	15.94	113
15.18	111	15.44	112.20	15.70	112.76	15.96	113.20
15.20	111	15.46	112.30	15.72	112.78	15.98	113.20
15.22	111.10	15.48	112.40	15.74	112.80		
15.24	111.20	15.50	112.60	15.76	112.82		

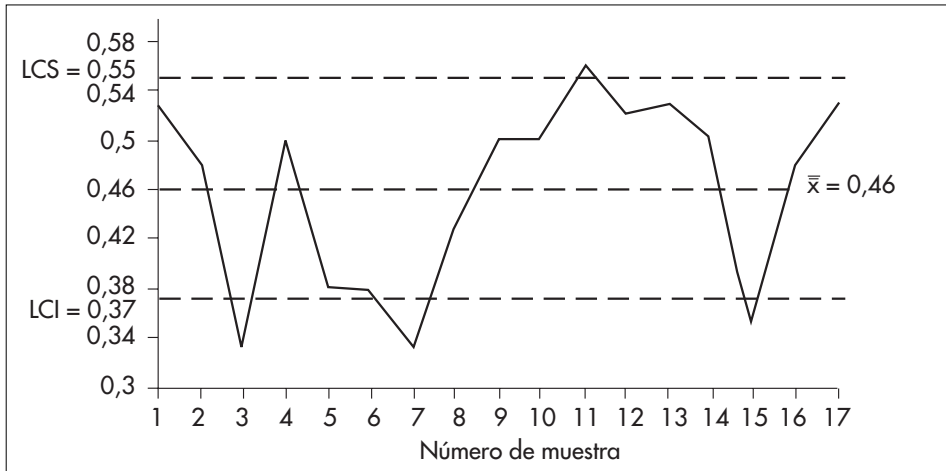
El Diagrama de Dispersión presenta el siguiente aspecto:



Solución propuesta

En vista del Diagrama, se observa que existe una correlación lineal positiva fuerte entre el alargamiento de las piezas y su dureza correspondiente, por la que la empresa puede dejar de realizar los ensayos destructivos como pretendía, con el consiguiente ahorro económico.

2.2.7. Gráficos de control



A) Concepto

Los Gráficos de Control son representaciones gráficas que se utilizan para determinar la naturaleza de la causa de la variación. Han sido desarrollados por Shewhart en la década de los 20 y forman parte del habitual control de calidad industrial (SPC —Statistical Process Control—). Como se expone en el capítulo 1, para la mejora, Deming sugiere ampliar este control a todos los procesos de la empresa, no solamente a la fase de producción. Una de las características de las empresas ganadoras del premio Deming es su especial énfasis en el SPC.

El SPC es el medio para controlar la calidad de conformidad en la planta. Para ser eficaz, el SPC, se controla mejor por el operario bajo un esquema de auto-inspección. Esto se facilita con el uso de microordenadores y equipos de registro de datos, en los que dichos datos puedan registrarse automáticamente.

El empleo de los Gráficos de Control es el primer paso hacia el SPC, no obstante por sí mismos también poseen utilidad, pues todo proceso produce variabilidad y ninguno se encuentra espontáneamente en estado de control; luego para que un proceso se encuentre en estado de control, las causas asignables han de ser eliminadas, de forma que la variabilidad sea debida únicamente a las causas no asignables, y estos Gráficos son la técnica que permite su identificación.

Uno de los elementos fundamentales de estos Gráficos son los límites de control superior (LCS) e inferior (LCI), parámetros bajo los cuales han de estar comprendidos los valores encontrados en las muestras para considerar que el proceso permanece controlado. Aunque los límites se determinan en función de los datos hallados en el muestreo correspondiente, en este apartado se va a partir siempre de unos límites dados, sin entrar en el detalle de su cálculo; para encontrar más información al respecto se puede consultar Feigenbaum (1992).

B) Desarrollo

Los Gráficos de Control pueden realizarse sobre una característica de calidad que se mide, recibiendo entonces el nombre de Gráficos de Control por Variables, o sobre un atributo o característica cualitativa que el producto/servicio posee o no, recibiendo entonces el nombre de Gráficos de Control por Atributos, o bien en función del número de defectos por unidad producida, recibiendo el nombre de Gráficos de Control por Número de Defectos o Disconformidades.

En primer lugar se decide el tipo de Gráfico de Control que es conveniente utilizar en función de las características que se desean controlar y analizando aspectos como el tipo de información necesario, las características del proceso/producto/servicio y los recursos materiales y humanos disponibles.

a) Gráficos de control por variables

Se emplea para controlar magnitudes como diámetros, durezas, longitudes, entre otras. Para elaborar el Gráfico se tendrán en cuenta los siguientes puntos:

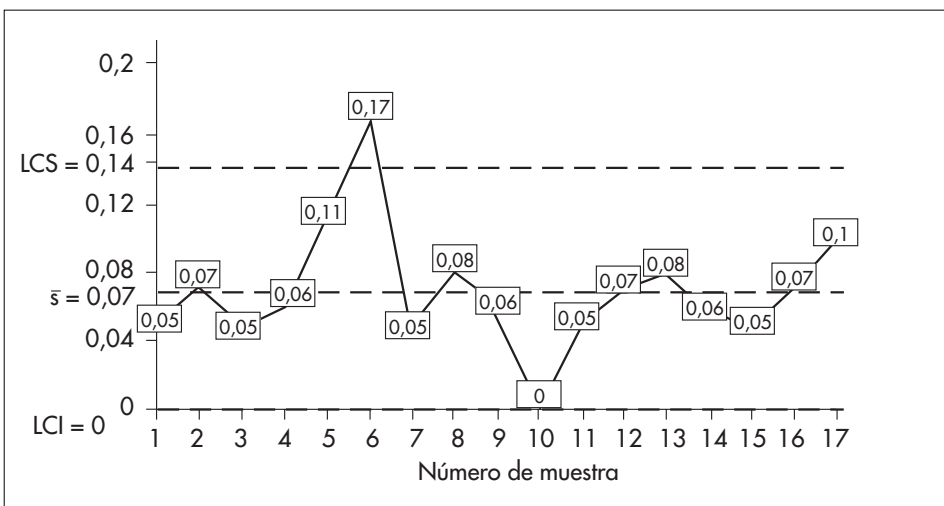
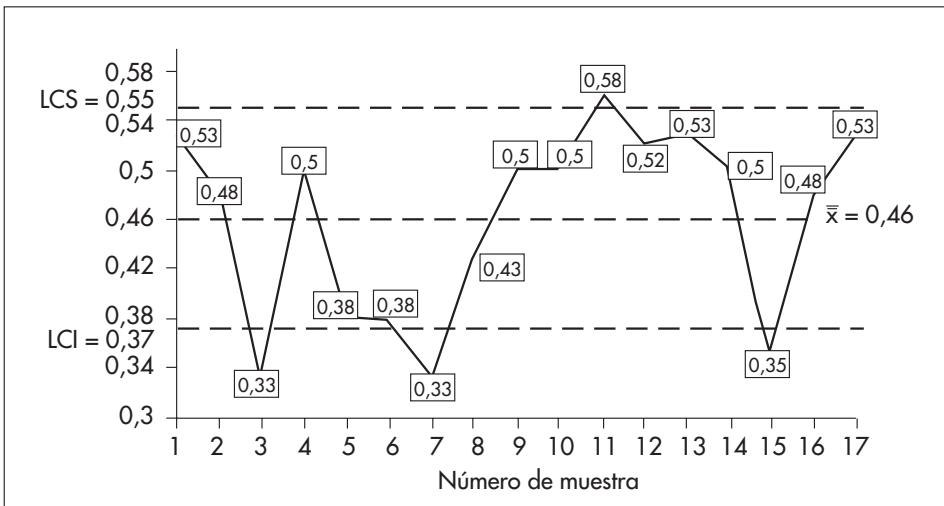
- *Preparar un plan de muestreo.* Este plan ha de contener el tamaño de la muestra a tomar (generalmente entre 2 y 6 elementos); la frecuencia de muestreo, la cual deberá ser tal que permita recoger los cambios producidos por causas no asignables y detectar la aparición de causas asignables; y el número de muestras, que se recomienda que esté alrededor de 20, aunque su número estará en función del tamaño de la muestra, de forma que se intentará que, al menos, existan 100 observaciones totales.
- *Recoger los datos mediante Hojas de Recopilación de Datos y conforme al plan de muestreo elaborado.*

N.º	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
m	.5	.5	.4	.4	.5	.5	.3	.3	.4	.5	.5	.6	.5	.5	.4	.4	.5
e	.6	.6	.3	.5	.4	.6	.3	.5	.5	.5	.5	.5	.6	.6	.3	.5	.5
d	.5	.5	.3	.5	.4	.5	.4	.5	.5	.5	.6	.5	.5	.5	.4	.5	.6
i	.6	.4	.4	.5	.3	.2	.3	.5	.5	.5	.6	.4	.6	.5	.3	.4	.4
d	.5	.4	.3	.6	.2	.3	.4	.4	.6	.5	.6	.6	.4	.4	.3	.6	.7
a	.5	.5	.3	.5	.5	.2	.3	.4	.5	.5	.6	.5	.6	.5	.4	.5	.5
Σ	3.2	2.9	2	3	2.3	2.3	2	2.6	3	3	3.4	3.1	3.2	3	2.1	2.9	3.2

- Realizar el análisis estadístico correspondiente y representar los gráficos
Se requiere dos tipos de gráficos, que habitualmente son:
- Medias (\bar{x}) y recorridos (R).
- Medias (\bar{x}) y desviaciones típicas (s).

La media mide la tendencia central mientras que el recorrido y la desviación típica representan la dispersión de los datos.

A continuación se muestra un ejemplo de los gráficos de medias y desviaciones típicas.



b) *Gráficos de control por atributos*

Algunos ejemplos para su utilización son: si una tuerca encaja en un tornillo o no, si un enchufe funciona o no...; se basa en la idea de pasa-no pasa. Para su construcción se realizan los siguientes pasos:

- *Preparar un plan de muestreo.* En él, han de quedar definidos el tamaño de la muestra que se va a tomar, la cual debe tener una magnitud entre 50 y 200 unidades, normalmente oscilará entre un $\pm 20\%$ del tamaño medio de las muestras; la frecuencia de muestreo que será la adecuada para facilitar la detección de las causas no asignables del proceso; y el número de muestras que será al menos de 20.
- *Recoger los datos.* Para ello, se toman las unidades al azar, conforme al plan de muestreo, mediante una Hoja de Recopilación de Datos.

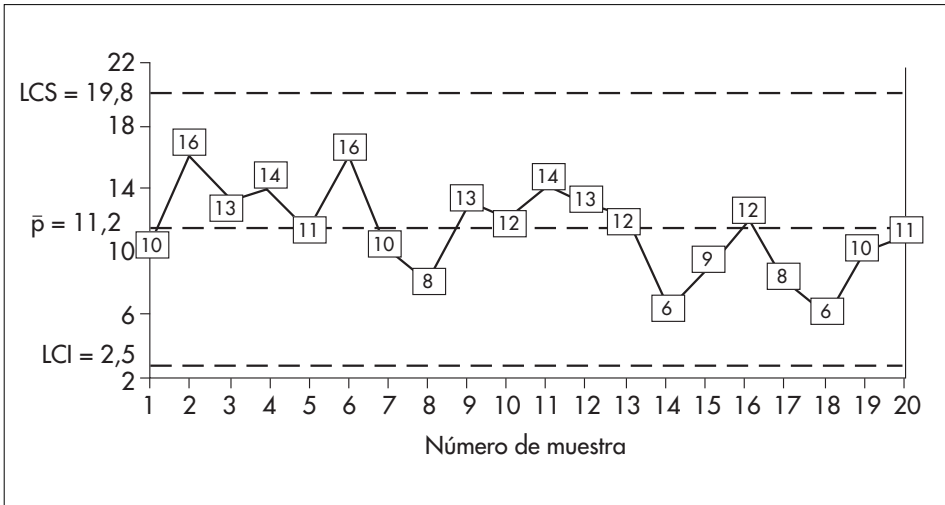
b.1. *Gráficos de Control de Fracción de Disconformidades (p).*

Sea «p» el porcentaje de unidades disconformes o defectuosas encontradas en cada muestra, «D» el número de unidades disconformes y «n» el número de unidades verificadas. Luego:

$$p = (D / n) * 100$$

Número muestra	Unidades verificadas (n)	Unidades disconformes (D)	% Unidades disconformes (p)	Número muestra	Unidades verificadas (n)	Unidades disconformes (D)	% Unidades disconformes (p)
1	120	12	10	11	120	17	14
2	125	20	16	12	122	16	13
3	115	15	13	13	123	15	12
4	112	16	14	14	114	7	6
5	124	14	11	15	112	10	9
6	125	20	16	16	125	15	12
7	120	12	10	17	124	10	8
8	115	9	8	18	116	7	6
9	122	16	13	19	120	12	10
10	125	15	12	20	117	13	11
TOTAL					2396	271	224

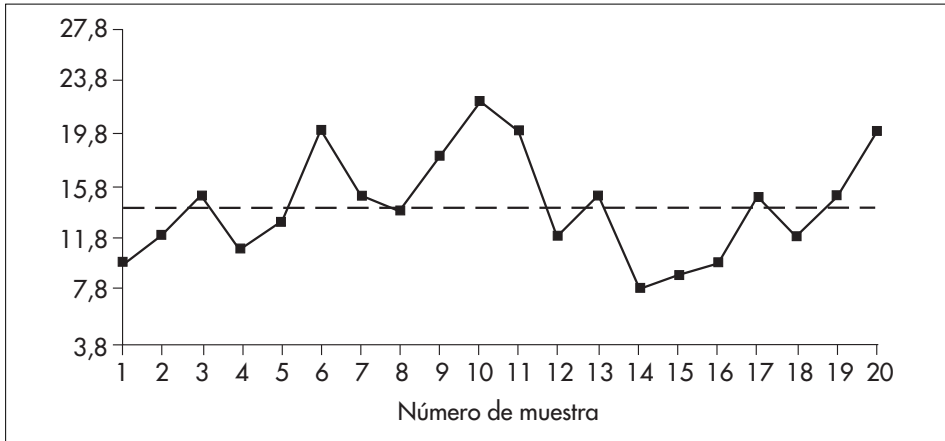
— Se representa el Gráfico tal como se muestra a continuación:



b.2. Gráficos de Control de Número de Unidades Disconformes (np).

Se utiliza cuando las muestras tomadas son todas del mismo tamaño. Es equivalente al Gráfico de Control de Fracción de Disconformidades. Las muestras son de tamaño «n», y «np» es el número de unidades disconformes de cada una.

Número de muestra	Unidades disconformes (np)	Número de muestra	Unidades disconformes (np)
1	10	11	20
2	12	12	12
3	15	13	15
4	11	14	8
5	13	15	9
6	20	16	10
7	15	17	15
8	14	18	12
9	18	19	15
10	22	20	20
TOTAL			286



Con LCI = 3,8; LCS = 27,8 y $n\bar{p} = 14,3$

c) *Gráficos de control por número de defectos*. Es conveniente usarlos cuando los defectos aparecen en un flujo continuo de producto, como las manchas en una placa fotográfica. Para su elaboración se realizan los siguientes pasos:

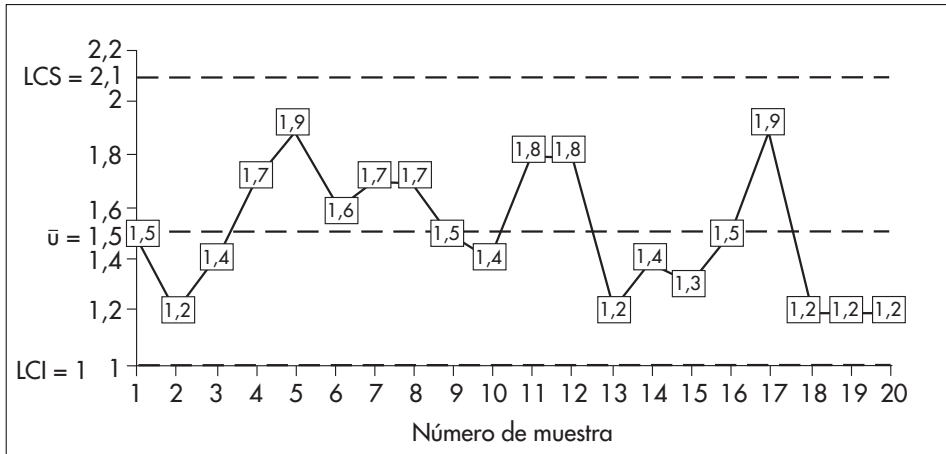
- *Establecer un plan de muestreo*. En él han de quedar definidos el tamaño de muestra, que será el adecuado para apreciar cambios significativos en ellas; la frecuencia de muestreo; y el número de muestras que será al menos de 20.
- *Recoger la información mediante una Hoja de Recopilación de Datos*.

c.1. Gráficos de Control de Número de Disconformidades por Unidad (u).

Se utiliza cuando dentro de una misma unidad de un producto/servicio aparecen varias disconformidades, siendo «u» el número de disconformidades.

N.º	Unidades verificadas	Total de disconformidades	Disconformidad por unidad (u)	N.º	Unidades verificadas	Total de disconformidades	Disconformidad por unidad (u)
1	40	60	1.5	11	36	65	1.8
2	42	50	1.2	12	35	62	1.8
3	44	60	1.4	13	42	50	1.2
4	38	65	1.7	14	40	55	1.4
5	36	70	1.9	15	45	58	1.3
6	41	65	1.6	16	39	59	1.5
7	40	68	1.7	17	35	68	1.9
8	35	60	1.7	18	45	56	1.2
9	42	64	1.5	19	46	57	1.2
10	38	52	1.4	20	42	50	1.2
TOTAL					801	1194	30.1

— Se representa el Gráfico tal como se muestra a continuación:

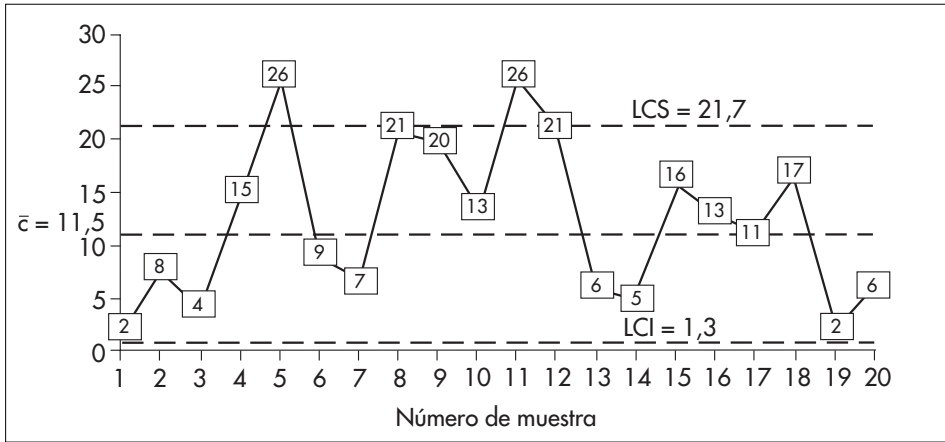


c.2. Gráficos de Control de Número de Disconformidades (c).

Estos Gráficos se utilizan cuando el número de muestras tomadas son del mismo tamaño, pero en los demás aspectos es igual al Gráfico de Control de Disconformidades por Unidad. Sea «c» el número de disconformidades encontradas.

Número de muestra	Disconformidades totales (c)	Número de muestra	Disconformidades totales (c)
1	2	11	26
2	8	12	21
3	4	13	6
4	15	14	5
5	26	15	16
6	9	16	13
7	7	17	11
8	21	18	17
9	20	19	2
10	13	20	6
TOTAL			230

— El Gráfico de Control se representa a continuación:



C) Análisis

Los Gráficos de Control son la herramienta que ayuda a conocer si un proceso está controlado y permite identificar las causas no asignables midiendo sus efectos para evitarlos y mejorar el proceso.

La estabilidad de un proceso se observa analizando si existen las siguientes pautas de comportamiento:

- No hay puntos fuera de los límites de control. Si se encuentra algún punto exterior a los límites, se debe investigar la causa para eliminarla o bien encontrar una explicación que justifique la exclusión de las muestras que ocasionan esos puntos fuera de límites.

Cuando estos puntos corresponden a un gráfico de recorridos, de desviaciones típicas, por atributos o por número de defectos, si los puntos aparecen por debajo del LCI, significa una reducción de la variabilidad, luego una mejora del proceso.

- No se manifiesta una tendencia ascendente o descendente de los puntos. En general, si se encuentran más de 7 puntos consecutivos con una clara tendencia se considera como síntoma de funcionamiento anormal del proceso, por lo que habría que investigar sus causas.
- No aparecen más de 7 puntos consecutivos por encima o por debajo de la línea central del Gráfico. La aparición de estas rachas de comportamiento significa un funcionamiento anormal.

Cuando estos puntos corresponden a un gráfico de recorridos, de desviaciones típicas, por atributos o por número de defectos, si los puntos aparecen por debajo de la línea central y con una tendencia descendente, es indicativo de una disminución de la variabilidad, por tanto significa una mejora del proceso.

- No se producen grandes fluctuaciones entre puntos próximos de un límite de control a otro.
- No aparecen más de dos puntos consecutivos muy próximos a los límites de control.
- Aproximadamente el 66% de los puntos se encuentran ubicados en el tercio central de la franja delimitada por los límites de control.

Cuando alguna de estas condiciones no se cumple se debe actuar sobre el proceso, corregir las causas que provocan su funcionamiento deficiente y volver a calcular los Gráficos de Control.

Por otra parte un Gráfico de Control también puede manifestar que la variabilidad de las muestras es menor de la esperada, produciendo una sobreestabilidad del proceso. Esta situación será una oportunidad de mejora del proceso.

EJEMPLO 2.7

A continuación se describen, de forma esquemática, varios procesos, con la finalidad de averiguar qué Gráficos de Control serían los más adecuados a establecer en ellos.

- a) Un fabricante de aparatos de aire acondicionado desea establecer un Gráfico de Control para la inspección final de sus productos. Durante la producción de los aparatos se comprueban los defectos de fabricación. En los últimos 15 días laborables se revisaron 100 aparatos de aire acondicionado y se encontraron 543 disconformidades.
- b) Durante la fabricación de aparatos electrodomésticos, se detectó que después del montaje aparecían ciertos defectos en la superficie. Estas imperfecciones no causaban ninguna dificultad en su funcionamiento, pero de cara a la estética de los aparatos era necesario evitarlas. La empresa estableció un proceso de control en el cual se inspeccionaba cada aparato.
- c) Una fábrica de cartones quiere establecer un procedimiento de control de su producto. Se ha decidido controlar la calidad viendo los defectos que existen en cada diez metros de cartón. Se observará si hay manchas, agujeros, etc.

Solución propuesta

- a) Durante la fabricación están utilizando el Gráfico de Control por Número de Defectos, pues están cuantificando la cantidad de componentes defectuosos que presentan los aparatos de aire acondicionado (de 100 aparatos han encontrado 543 disconformidades).

Para la inspección final sería recomendable usar los Gráficos de Control por Atributos, para averiguar si los aparatos son conformes o no. Es posible realizar bien el de Fracción de Disconformidades (p) o el de Número de Unidades Disconformes (np).

- b)** Se utiliza el Gráfico de Control por Atributos, porque a la empresa le conviene saber si la superficie de los electrodomésticos presenta o carece de imperfecciones.

Debido a que la empresa va a inspeccionar cada aparato puede usarse el control por Número de Unidades Disconformes (np).

- c)** Se recomienda el Gráfico de Control por Número de Defectos, para poder determinar en función de este número, la calidad del cartón.

Puede utilizarse el Número de Disconformidades por Unidad (u) o bien el Número de Disconformidades (c), dependiendo de si se toman cada día el mismo número de muestras de los diez metros de cartón.

2.3. CONSIDERACIONES

Las siete primeras herramientas de la calidad han mantenido una difusión progresiva a causa de sus diversas aplicaciones, formando parte de las técnicas habituales en la gestión de las empresas que poseen programas de calidad, pues a pesar de que por sí mismas no resuelven ningún problema facilitan la identificación de los mismos y ayudan a encontrar las causas que los provocan. Ishikawa señala que hasta un 95% de los problemas de una organización pueden ser resueltos con el empleo de las 7 H.

Aunque algunas de ellas son susceptibles de emplearse con fines similares, como el diagrama causa-efecto y el diagrama de Pareto, la primera de ellas es útil cuando se carece de datos numéricos. En cualquier caso, merecen mención especial los Gráficos de Control, por su amplia aceptación industrial.

BIBLIOGRAFÍA

- FEIGENBAUM, A. V. (1992). *Control Total de la Calidad*. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V., México, D.F.
- GALGANO, A. (1995). *Los siete instrumentos de la Calidad Total*. Díaz de Santos, S.A., Madrid.
- GOMIS, J. y VALERO, J. L. (1990). *La gestión de la calidad en las PYME*. IMPI, Madrid.
- HERMANS, M. (1997). *Nueva utilización de los diagramas de Ishikawa*. Calidad, septiembre, págs. 14-17.
- ISHIKAWA, K. (1994). *¿Qué es el Control Total de la Calidad?* Parramón Ediciones, S.A., Barcelona.
- SEBASTIÁN, M. A.; BARGUEÑO, V. y NOVO, V. (1999, 2.^a edición). *Gestión y Control de Calidad*. Cuadernos de la UNED, n.º 133, UNED, Madrid.
- UNE 66904-4. *Gestión de la calidad y elementos del sistema de la calidad. Parte 4: directrices para la mejora de la calidad*. AENOR, Madrid, 1993.

EJERCICIOS

EJERCICIO 2.1

InforSA es una empresa de distribución y mantenimiento de equipos informáticos. Últimamente está recibiendo quejas por parte de sus clientes por el retraso con el que reciben sus pedidos y al mismo tiempo se está encontrando con altos costes de garantía de una determinada gama de modelos de impresoras (el modelo APrinter, el modelo A900 y el modelo AXL). El Director de la empresa desea conocer datos precisos que revelen qué está ocurriendo, para lo cual ha encargado a varios de sus técnicos que investiguen la situación. El grupo de técnicos decide recoger los datos necesarios que ayuden a responder a las siguientes preguntas:

- ¿Cuántos días transcurren desde que el cliente realiza el pedido hasta que se entrega?
- ¿Están cumpliendo los plazos de entrega los diez suministradores de InforSA?
- ¿Cuántos componentes —componente A, componente B, componente C, componente D— se reemplazan en garantía de los tres modelos de impresoras?
- ¿Cuántos componentes totales se han reemplazado en garantía en cada uno de los tres modelos?

El equipo decidió diseñar dos Hojas, una para la recopilación de datos a las preguntas a y b, y otra que respondiera a las preguntas c y d. ¿Cuáles pueden ser los modelos adecuados de estas hojas?

Solución propuesta

La Hoja diseñada que relaciona las cuestiones «a» y «b» es la que se muestra a continuación, y se elaboró para determinar si los atrasos se debían a la mala gestión interna o bien a retraso en las entregas de los proveedores.

Hoja de comprobación de plazos de entrega a clientes													
MES: Febrero				SEMANA: 2				PEDIDO: P3				MODELO: AXL	
SUMINISTRADOR: S1												FIRMA: Gómez	
Marcar con la señal «/» los días transcurridos desde la fecha del pedido Añadir a la marca «/» el número de días de retraso respecto al plazo de entrega													
DÍAS LABORABLES													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
									/	/+1	/	/	/
									/+1	/	/	/	

La Hoja permitía observar a simple vista que el suministrador S1 está cumpliendo los plazos de entrega, en general y que los retrasos en la entrega de los pedidos a los clientes se producía por la mala gestión interna de INFORSA.

Respecto a las cuestiones «c» y «d» se realizó el siguiente modelo, en el que se tuvo en cuenta que la información que se buscaba era el número de componentes reemplazados.

Al añadir el nombre o código del suministrador en la Hoja se podría conocer si alguno de los proveedores proporcionaba peor calidad en ciertos componentes.

Hoja de comprobación de los reemplazos en garantía		
MES: Febrero	SUMINISTRADOR: S1	
FIRMA: Sr. Ramírez	Marcar por componente reemplazado: /	
MODELO APRINTER		
Componente A	//	TOTAL: 2
Componente B	//	TOTAL: 2
Componente C	/	TOTAL: 1
Componente D	/	TOTAL: 1
MODELO A900		
Componente A	////////	TOTAL: 7
Componente B		TOTAL: 0
Componente C		TOTAL: 0
Componente D		TOTAL: 0
MODELO AXL		
Componente A	//	TOTAL: 2
Componente B	/	TOTAL: 1
Componente C		TOTAL: 0
Componente D	/	TOTAL: 1

Con los datos de esta Hoja se observa claramente que el suministrador S1 está entregando componentes A del modelo A900 de mala calidad, por lo que se podría prescindir de él para esta pieza, pero no así en las restantes.

EJERCICIO 2.2

La empresa Transcarre se dedica al transporte por carretera de viajeros. La empresa mantiene una serie de trayectos por el territorio nacional, para lo cual acaba de renovar su flota de autocares.

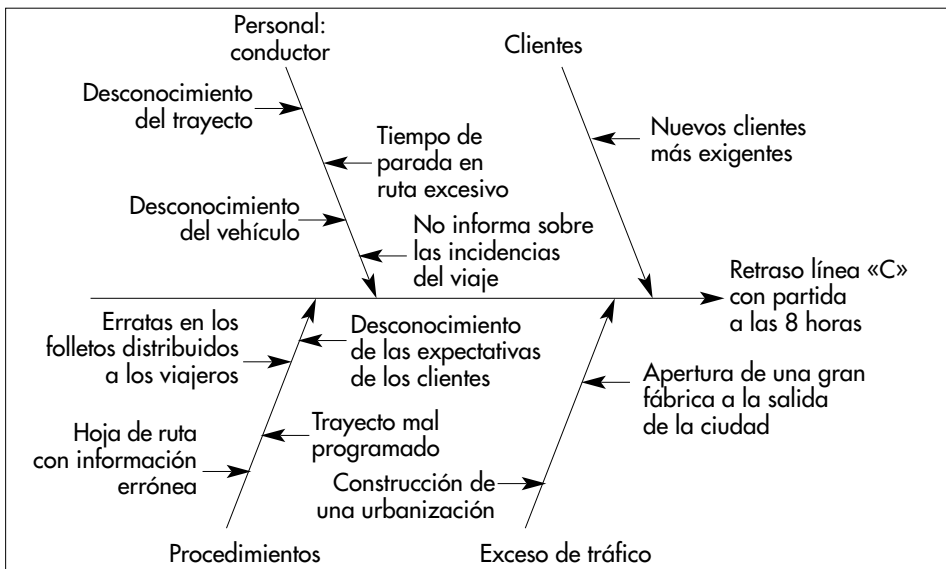
En el último mes, ha estado recibiendo de forma sistemática innumerables quejas de sus viajeros por retrasos en una de sus líneas —la línea C— y todas las reclamaciones corresponden al horario de partida establecido para las 8 de la mañana. Del mencionado servicio no se había recibido queja alguna hasta ahora.

Recientemente la empresa ha contratado a un nuevo conductor que es quien realiza ese trayecto. Se ha verificado que el autocar sale con puntualidad de la estación origen, y que el vehículo se encuentra en buen estado. Por otra parte, en el impreso que rellena el conductor al final de cada viaje no se refleja ninguna incidencia anómala.

En los otros recorridos donde Transcarre presta servicios no se están recibiendo reclamaciones. El Director ha decidido investigar qué ocurre en esa línea para lo cual ha designado un grupo de trabajo. El grupo se plantea realizar un Diagrama de Ishikawa para conocer todas las causas posibles. ¿Cuál sería una probable representación gráfica Causa-Efecto de este problema?

Solución propuesta

La solución presentada es la siguiente:



EJERCICIO 2.3

En un taller de mantenimiento, dos operarios (A y B) realizan las mismas tareas y para ello utilizan las mismas herramientas, durante la ejecución de una operación de mantenimiento preventivo (Operación 1) en vehículos de idénticas características. El tiempo máximo de realización de la Operación 1 está estimado en una hora y para comprobar si esta estimación es correcta se han tomado los tiempos que emplean los operarios en su ejecución durante una jornada normal:

Operario A		Operario B	
50	45	55	60
55	40	65	60
50	50	60	65
45	40	60	55

Con los tiempos anteriores, expresados en minutos, realizar el Histograma adecuado e interpretar el resultado.

Solución propuesta

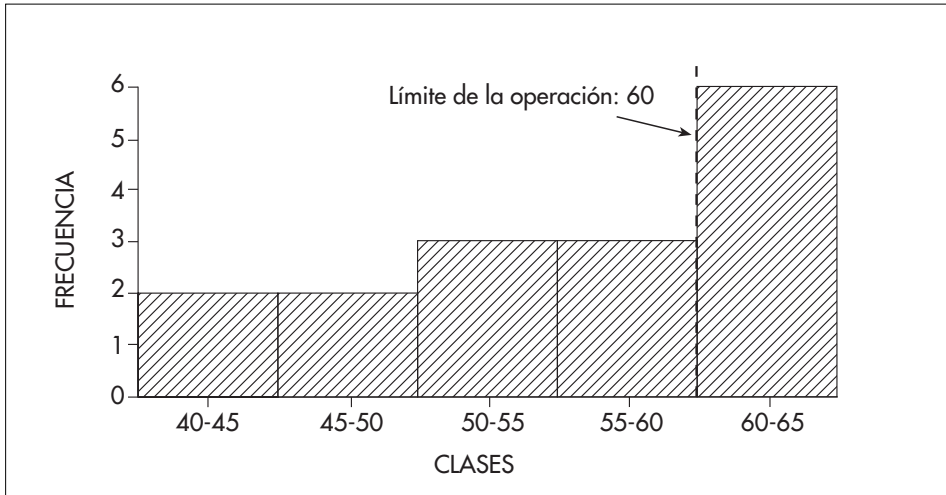
Con los datos totales de los tiempos de los dos operarios que se obtuvieron se realizó un Histograma. Previamente se realizaron los siguientes cálculos:

$$R = 65 - 40 = 25$$

$$N.^{\circ} \text{ de Clases: } 5$$

$$\text{Amplitud del intervalo} = 25 / 5 = 5$$

Clase	Total
40 - 45	2
45 - 50	2
50 - 55	3
55 - 60	3
60 - 65	6
	16



Según el Histograma anterior, el cual muestra una Distribución Triangular, los tiempos de la operación podrían estar mal calculados. No obstante al haber tomado los tiempos de dos personas distintas que realizan el mismo trabajo, se deben realizar dos Histogramas más con los datos de cada uno de los operarios.

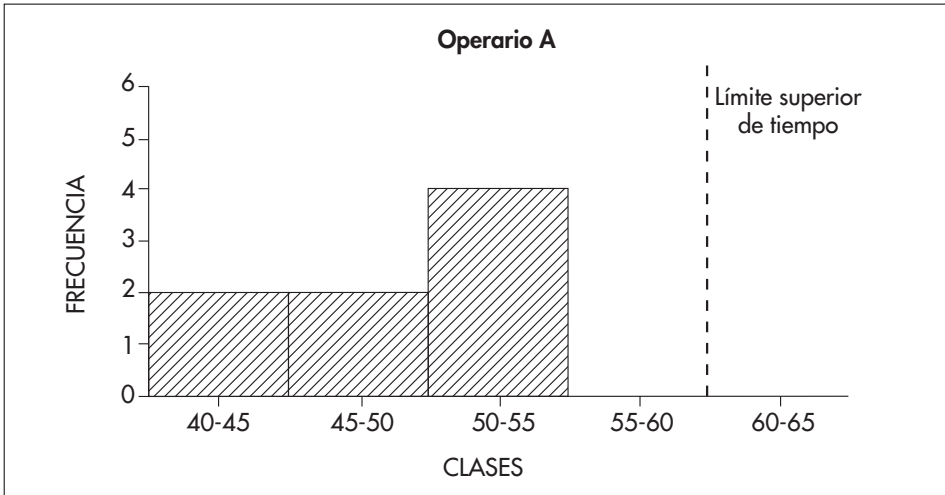
OPERARIO A:

$$R = 55 - 40$$

$$N.^{\circ} \text{ de clases} = 3$$

$$\text{Amplitud del intervalo} = 15 / 3 = 5$$

Clase	Total
40 - 45	2
45 - 50	2
50 - 55	4
	8



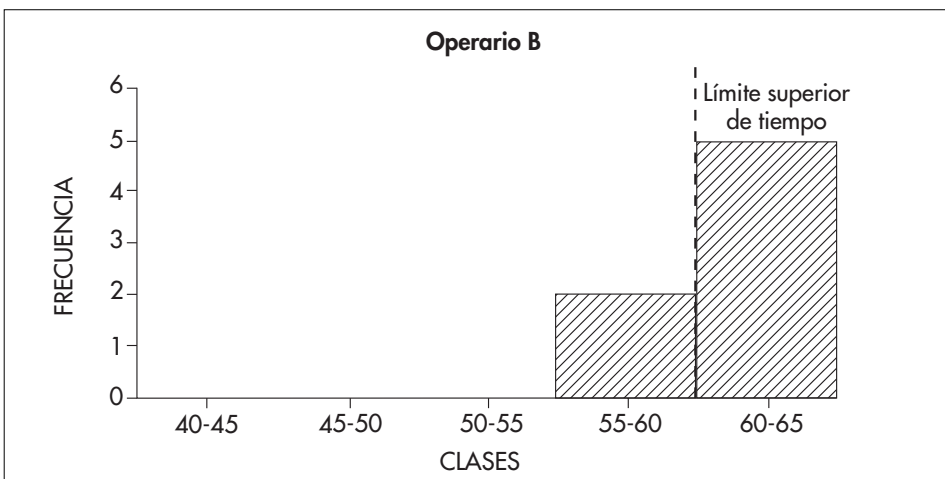
OPERARIO B:

$$R = 65 - 55 = 10$$

$$N^{\circ} \text{ de Clases} = 2$$

$$\text{Amplitud del intervalo} = 10 / 2 = 5$$

Clase	Total
55 - 60	2
60 - 65	6
	8



Al analizar estos dos últimos Histogramas, es posible pensar que el operario B no conoce bien su trabajo, pues el operario A no tiene problemas para cumplir los tiempos de ejecución de la tarea, por lo que habrá que plantearse proporcionar entrenamiento al operario B; además puesto que el operario A realiza su tarea en menos tiempo, cabe pensar que existe demasiada holgura respecto al tiempo máximo, y que éste no se estimó con precisión.

EJERCICIO 2.4

Imtesa es una empresa de importación de tejidos, los cuales luego distribuye por todo el territorio nacional. Imtesa siempre se ha destacado por la calidad de sus tejidos, que es consecuencia de una selección cuidada de sus suministradores.

Durante el año anterior y debido a unas circunstancias especiales del mercado, incrementó las compras de muchos tejidos ya que los estaba consiguiendo a un precio menor. Como sus proveedores habituales no podían suministrar toda la cantidad solicitada, además adquirió mercancía a otros proveedores que no tenía homologados. Imtesa mantuvo los precios que ofrecía a sus clientes para incrementar su margen de beneficios, por lo que no aumentó ni su número de clientes ni sus clientes habituales le compraron más mercancía.

Desde que ha cambiado su política de compras, Imtesa está recibiendo continuas reclamaciones de sus clientes sobre la calidad de las telas, pues han encontrado que muchas de las piezas vienen con taras. Esto le está suponiendo un incremento considerable en sus costes, pues ha entregado una pieza nueva por cada una defectuosa.

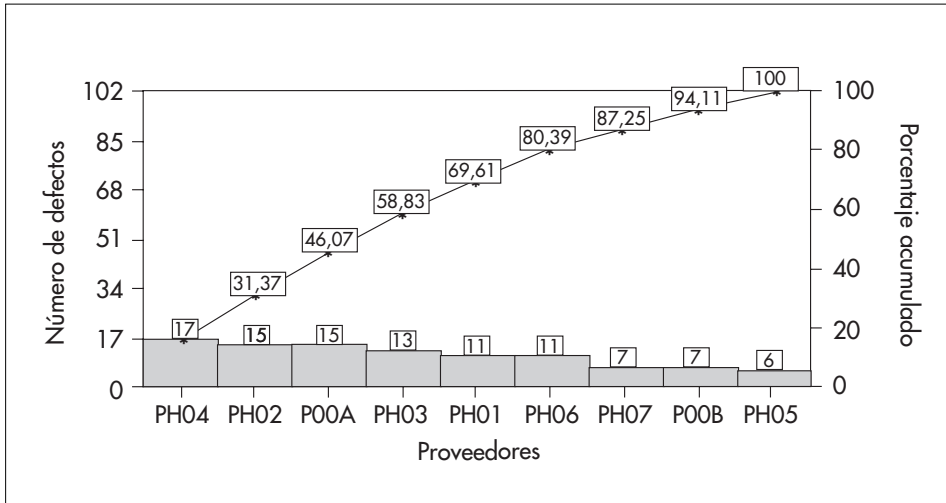
Imtesa sospecha que todas las piezas defectuosas provienen de los proveedores que no tiene homologados, y teme que la decisión de comprarles a ellos le suponga la pérdida de algún cliente. Por este motivo, ha decidido realizar un análisis de las reclamaciones que le ayude a determinar el origen del problema, estableciendo la relación entre la reclamación y el proveedor o el tejido. Realice un Diagrama de Pareto que ayude a Imtesa a analizar la situación, con los datos que se muestran a continuación:

Marcar «/» para cada reclamación recibida Código PH— : Proveedor homologado Código P— : Proveedor no homologado									
Proveedor / Tejido	PH01	PH02	PH03	PH04	PH05	PH06	PH07	P00A	P00B
Seda	////	/		//	/	//	//		/
Algodón	//	//////	///	//	//	///			/
Tul	//	//	//	/	/		//	////	/
Tafetán	/	/	/	//	/			/	
Raso			/	/	/		/	//	/
Encaje	//	/	/	//		/	/		
Lana		/		/		/		/	
Lino		/	/	/		//	/	//	/
Satén		/	//	///		//		//	/
Viscosa		/	//	//				///	/

Solución propuesta

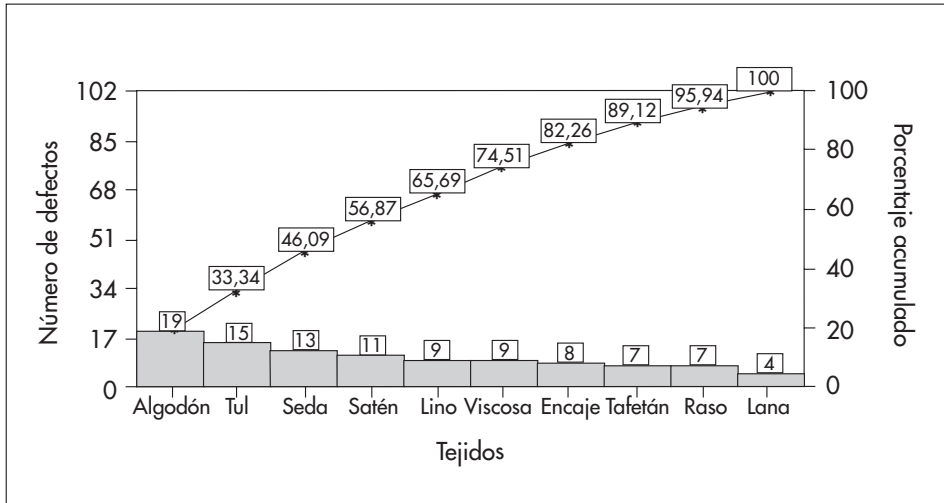
En principio habría que realizar dos Diagramas de Pareto para averiguar si se podrían disminuir los defectos eliminando algún proveedor, o bien dejando de comprar algún tipo de tejido.

Proveedor	N.º de defectos	N.º de defectos acumulados	Porcentaje del total (%)	Porcentaje acumulado (%)
PH04	17	17	16,66	16,66
PH02	15	32	14,71	31,37
P00A	15	47	14,71	46,08
PH03	13	60	12,75	58,83
PH01	11	71	10,78	69,61
PH06	11	82	10,78	80,39
PH07	7	89	6,86	87,25
P00B	7	96	6,86	94,11
PH05	6	102	5,89	100
Total	102	102	100	



Debido a que a la vista de este Diagrama no es posible determinar si algún proveedor está incidiendo claramente en la calidad de los artículos, se debe realizar un Análisis de Pareto para los tejidos.

Tejido	N. de defectos	N. de defectos acumulados	Porcentaje del total (%)	Porcentaje acumulado (%)
ALGODÓN	19	19	18,63	18,63
TUL	15	34	14,71	33,34
SEDA	13	47	12,75	46,09
SATÉN	11	58	10,78	56,87
LINO	9	67	8,82	65,69
VISCOSA	9	76	8,82	74,51
ENCAJE	8	84	7,85	82,26
TAFETÁN	7	91	6,86	89,12
RASO	7	98	6,86	95,98
LANA	4	102	3,92	100
Total	102	102	100	



Con este Diagrama tampoco se puede obtener ninguna solución, por lo que habría que seguir investigando, o bien utilizar otra técnica de mejora con los datos recopilados.

EJERCICIO 2.5

En un taller se están realizando durante las últimas semanas un número muy elevado de horas extras, debido a un pedido especial que se recibió y que por los altos beneficios que iba a suponer para la empresa se aceptó.

Para terminar a tiempo este nuevo encargo se debe realizar un esfuerzo por parte de los empleados, ya que su jornada laboral se verá incrementada de forma considerable hasta la entrega al cliente del pedido.

Aunque el personal está perfectamente cualificado para realizar este nuevo trabajo, el tiempo extra que va a suponer puede incidir en la calidad del mismo, ya que requiere una atención alta, que se puede ver mermada en las últimas horas de cada día.

La Dirección de la empresa quiere analizar si el tiempo extra que supone realmente está incidiendo en la calidad de las piezas, ya que de ser así no volvería a aceptar encargos en situaciones similares, pues le supone un coste demasiado alto.

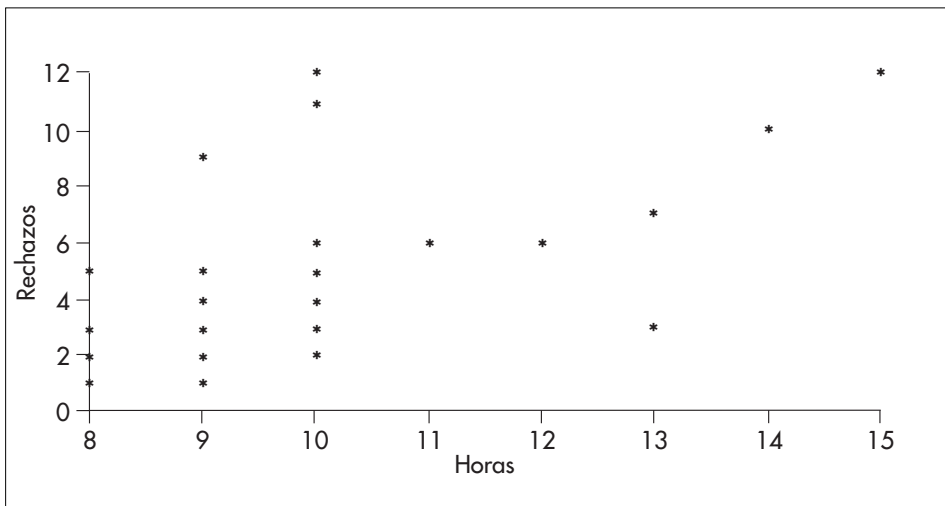
Para ello, se recogió información sobre el número de piezas rechazadas en función del número de horas trabajadas.

Con estos datos, realizar un Diagrama de Dispersión y analizar su resultado.

Horas	Rechazos	Horas	Rechazos	Horas	Rechazos	Horas	Rechazos	Horas	Rechazos
8	3	8	3	8	2	9	2	8	0
8	2	10	4	8	1	8	2	8	1
8	2	15	12	8	0	10	2	9	1
9	4	10	11	9	2	13	3	10	3
10	5	8	1	9	3	9	2	9	3
14	10	8	2	10	4	8	0	8	5
10	12	8	0	10	5	8	0	8	2
9	9	9	1	11	6	13	7	9	5
8	2	10	6	9	5	9	9	9	2
9	3	12	6	8	5	8	0	9	2

Solución propuesta

Los datos proporcionados registran el siguiente Diagrama de Dispersión:



El Diagrama muestra una Correlación No Lineal, pues el gráfico no presenta una tendencia claramente definida, por lo que no se puede decir que exista una relación entre el número de horas trabajadas y el número de piezas rechazadas.

La Dirección debe seguir investigando para determinar si existe otra causa.

EJERCICIO 2.6

Consa es una empresa que se dedica a la mecanización de cojinetes de acero, que luego vende a diversos clientes. Su cliente principal le ha exigido para seguir comprándole que aplique un control estadístico de procesos por variables para las características más importantes de los cojinetes.

La parte crítica de los cojinetes es su diámetro interior, cuya especificación es de $35 \pm 0,25$ mm. Pero además de cumplir con las tolerancias de las piezas, es necesario mantener el proceso bajo control.

La máquina que se va a utilizar en su mecanizado se ajusta, y se produce un lote de 500 unidades, de las que se van tomando 5 unidades de 20 muestras a intervalos de tiempo idénticos.

Realizar los Gráficos de Control del proceso, sabiendo que los datos recogidos son los que figuran a continuación:

Fecha	Hora	Firma	Muestra	Valores medidos					Suma
26/10	8.15	J.G.	1	35.20	34.80	34.77	35.22	35.10	175.09
26/10	11.45	J.G.	2	34.82	34.90	35	35	34.90	174.62
26/10	3.15	J.G.	3	34.75	35	34.85	35.20	35	174.8
26/10	6.45	J.G.	4	34.85	34.95	35.20	35.10	35	175.1
27/10	8.15	J.G.	5	35.20	35.15	34.85	34.95	34.80	174.95
27/10	11.45	J.G.	6	35.20	35.10	34.95	35	35.12	175.37
27/10	3.15	J.G.	7	34.95	34.98	35	35.21	35.20	175.34
27/10	6.45	J.G.	8	34.85	34.95	35.22	34.98	35	175
28/10	8.15	J.G.	9	35	35.15	35.21	35.10	34.75	175.21
28/10	11.45	J.G.	10	35.21	34.90	34.85	34.79	35	174.75
28/10	3.15	J.G.	11	35.15	35.20	35.10	35.05	34.95	175.45
28/10	6.45	J.G.	12	34.95	35.22	35.10	35.23	34.95	175.48
29/10	8.15	J.G.	13	34.95	34.85	35.21	34.89	35	174.9
29/10	11.45	J.G.	14	35	35	35.20	34.80	35	175
29/10	3.15	J.G.	15	35.2	35.10	35.15	35.10	35.05	175.6
29/10	6.45	P.L.	16	35.25	35.18	35.20	35.24	35.25	176.12
30/10	8.15	J.G.	17	34.8	34.95	35	35.20	34.80	174.75
30/10	11.45	P.L.	18	34.77	34.75	34.76	34.75	34.80	173.83
30/10	3.15	J.G.	19	34.88	35	35.10	35.05	35.06	175.09
30/10	6.45	J.G.	20	34.95	35	35	35.05	35	175

Solución propuesta

Consa ha elegido realizar un Gráfico de Control (\bar{x} , R). El cálculo de la media y del recorrido fue el siguiente:

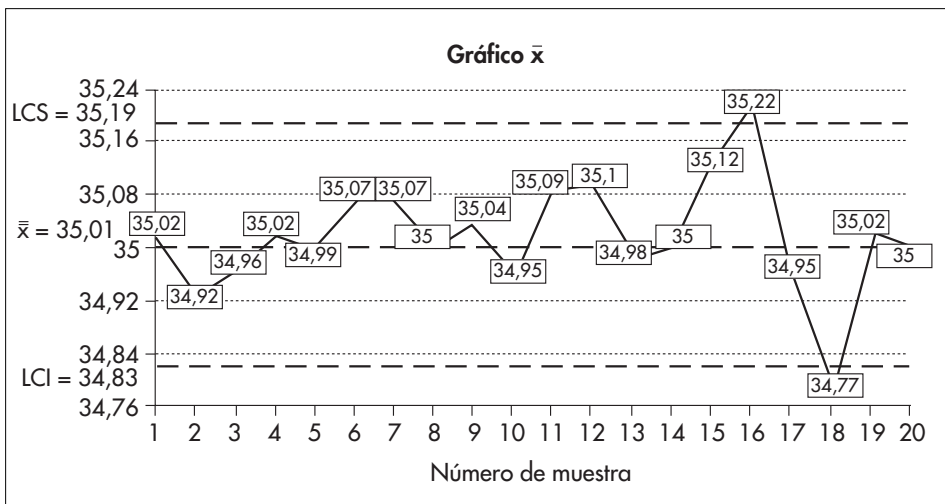
Muestra	\bar{x}	R	Muestra	\bar{x}	R
1	35.02	0.45	11	35.09	0.25
2	34.92	0.18	12	35.10	0.28
3	34.96	0.45	13	34.98	0.36
4	35.02	0.35	14	35	0.4
5	34.99	0.4	15	35.12	0.15
6	35.07	0.25	16	35.22	0.07
7	35.07	0.26	17	34.95	0.4
8	35	0.37	18	34.77	0.05
9	35.04	0.46	19	35.02	0.22
10	34.95	0.42	20	35	0.1
			SUMA	700.29	6.11

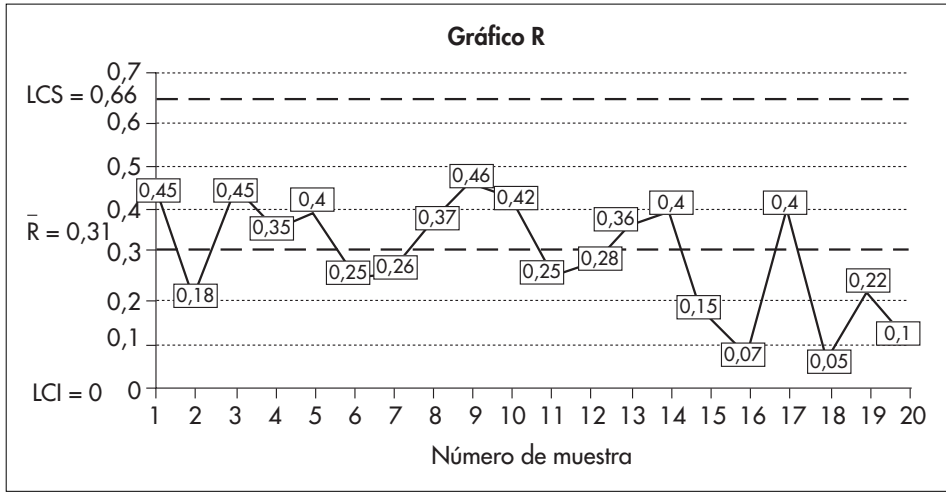
La media de los valores medios de las muestras ($\bar{\bar{x}}$) y el recorrido medio (\bar{R}) dieron los siguientes resultados:

$$\bar{\bar{x}} = 700,29 / 20 = 35,01$$

$$\bar{R} = 6,11 / 20 = 0,31$$

Los Gráficos de Control presentan el siguiente aspecto:



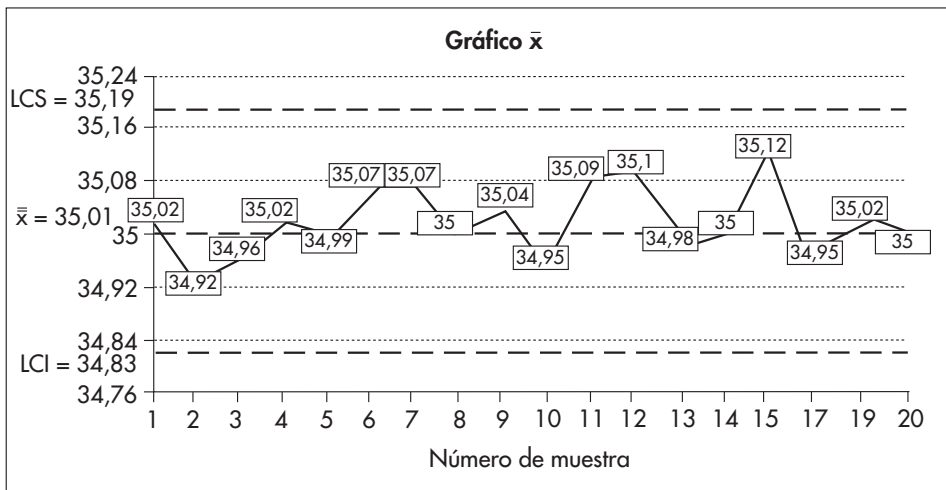


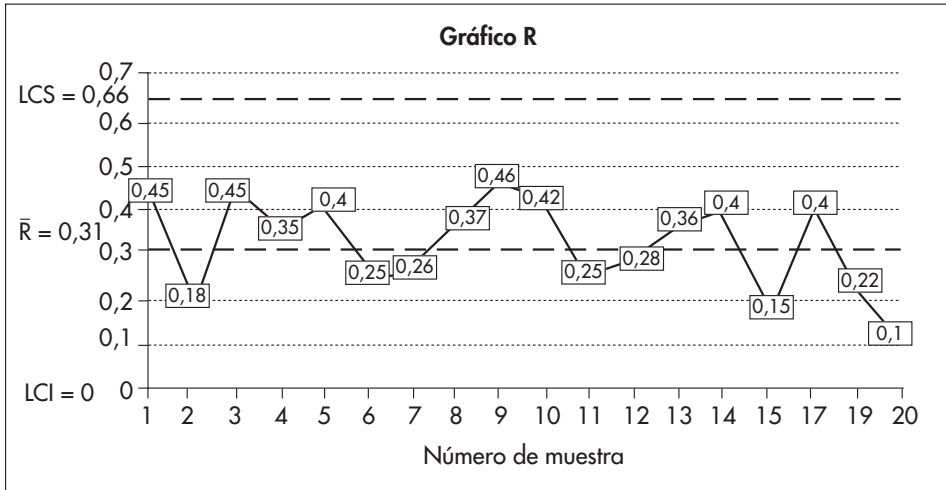
Se observa que en el Gráfico aparecen dos puntos fuera de los límites, que corresponden a las muestras número 16 y 18. Las mediciones de tales muestras habían sido realizadas por un nuevo operario que aún carecía de la formación necesaria. Por tanto, se eliminaron esas muestras y se volvieron a calcular los gráficos de control.

Los resultados obtenidos figuran a continuación:

$$\bar{\bar{x}} = 630,3 / 18 = 35,01$$

$$\bar{R} = 5,99 / 18 = 0,33$$





Capítulo 3

TÉCNICAS BÁSICAS DE MEJORA DE LA CALIDAD: LAS 7 M

INTRODUCCIÓN

Si las anteriores técnicas citadas, conocidas como las 7 H inician su difusión en el ámbito de la calidad al nivel de los operarios, las herramientas denominadas las 7 M, presentan un nivel de abstracción mayor y su uso se aconseja para personas de nivel superior dentro de la empresa, pues *a priori* requieren una mayor formación para su puesta en práctica.

El nombre genérico de 7 M procede del vocablo en lengua inglesa «Management» y también por similitud frente a las 7 H.

3.1. LAS SIETE HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD (7 M)

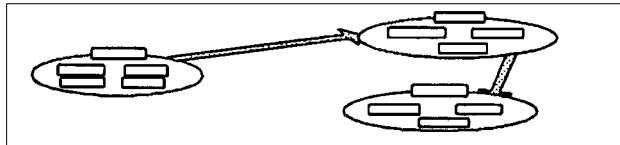
Las siete herramientas de gestión de la calidad, conocidas como las 7 M surgen como consecuencia de la investigación llevada a cabo por un comité de la JUSE dirigido por Yoshinobu Nayatani, que concluyó en 1977 con la propuesta de seis métodos para analizar información cualitativa y uno para estudiar datos numéricos, en concreto para llevar a cabo un análisis multivariante; estas siete herramientas son:

- Diagrama de afinidades o método KJ
- Diagrama de relaciones
- Diagrama de matriz
- Diagrama de árbol
- Diagrama PDPC o diagrama del proceso de decisiones
- Diagrama de flechas o gráfico PERT
- Matriz de análisis de datos

No obstante, el origen de estas técnicas es anterior a la década de los 70, y el trabajo de la JUSE se ha limitado a seleccionar aquellas consideradas de

mayor utilidad para la resolución de problemas dentro del ámbito de la calidad. Su uso, en oposición a las 7 H, es recomendado para alcanzar **mejoras proactivas**, y de todas ellas solamente el Diagrama de Afinidades es citado por la norma UNE 66904-4 como técnica de mejora.

3.1.1. Diagrama de afinidad



A) Concepto

El Diagrama de Afinidad o método KJ permite establecer la estructura inicial en la exploración de un problema, de forma cualitativa.

El método KJ fue desarrollado por Jiro Kawakita en la década de los 50 y en su honor recibe el nombre de KJ (K: Kawakita; J: Jiro); posteriormente modificado y renombrado como diagrama de afinidad por la JUSE.

B) Desarrollo

Los pasos a seguir para desarrollar este diagrama son los siguientes:

- a) *Identificación del problema, en términos no cuantitativos, sino verbales.*
Para ello es necesaria la recopilación de información procedente de hechos reales.

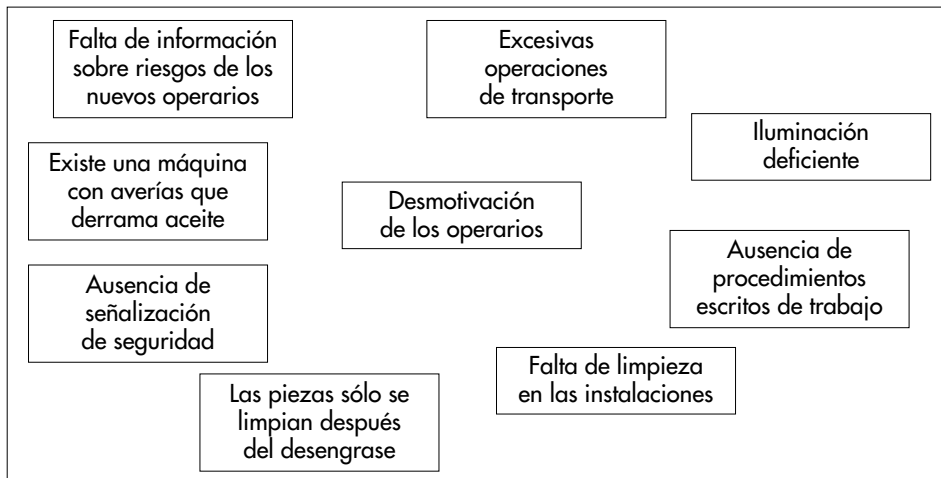
Problema a analizar:

En un taller de desengrase de motores usados de vehículos industriales se han incrementado el número de accidentes; las actividades fundamentales que realizan son el almacenamiento, desmontajes, limpieza y desengrase de los motores.

La empresa ha constituido un equipo que empleando un Diagrama de Afinidad, va a analizar esta situación:

¿Por qué han aumentado el número de accidentes en el taller de montaje?

- b) *Comprensión de los datos.* Para ello el método insiste en la escritura de los mismos para entender el significado de cada concepto.



c) *Agrupación de datos similares, en función de una clasificación lógica* . Normalmente el número de grupos no debe ser superior a diez.

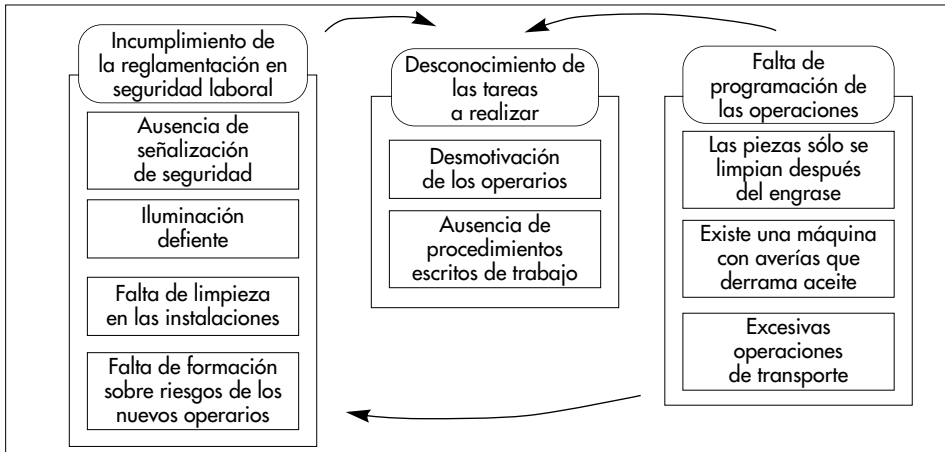
- Ausencia de señalización de seguridad
 - Iluminación deficiente
 - Falta de limpieza de las instalaciones
 - Falta de formación sobre riesgos de los nuevos operarios
-
- Desmotivación de los operarios
 - Ausencia de procedimientos escritos de trabajo
-
- Las piezas sólo se limpian después del desengrase
 - Existe una máquina con averías que derrama aceite
 - Excesivas operaciones de transporte

d) *Titulación de cada uno de los grupos establecidos, con el objeto de dar una imagen de unidad al conjunto de hechos y para alcanzar un nivel de abstracción más elevado.*

Título	Grupo
Incumplimiento de la reglamentación en seguridad laboral	Ausencia de señalización de seguridad Iluminación deficiente Falta de limpieza de las instalaciones Falta de formación sobre riesgos de los nuevos operarios
Desconocimiento de las tareas a realizar	Desmotivación de los operarios Ausencia de procedimientos escritos de trabajo
Falta de programación de las operaciones	Las piezas sólo se limpian después del desengrase Existe una máquina con averías que derrama aceite Excesivas operaciones de transporte

e) *Determinación de las relaciones entre los distintos grupos.*

A continuación se muestra cómo el «incumplimiento de la reglamentación laboral» está relacionado con el «desconocimiento de las tareas a realizar» y la «falta de programación de las operaciones con las dos anteriores».



f) *Decidir sobre los temas que sean más relevantes y obtener conclusiones.*

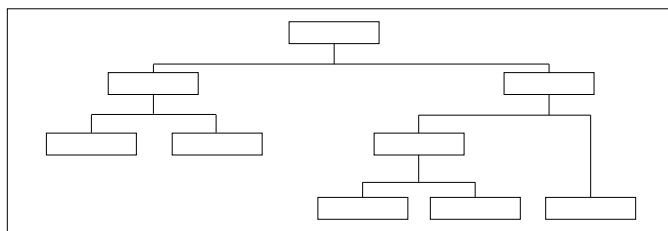
En el caso analizado, el nombramiento de un responsable de operaciones con competencias en seguridad, podría ser el inicio para la disminución del número de accidentes.

C) *Análisis*

Con este método se proporciona una sistemática para el tratamiento de los datos verbales, al igual que la estadística lo realiza con los datos numéricos. Su empleo requiere un profundo conocimiento del problema y cierta intuición por parte de los integrantes del grupo.

Sus aplicaciones no tienen límite, y algunas de las más relevantes pueden ser las relacionadas con identificar las necesidades de los clientes o en el diseño de productos.

3.1.2. Diagrama de árbol



A) *Concepto*

El Diagrama de Árbol es una técnica empleada con el objeto de relacionar medios y fines, o bien fines que son medios para alcanzar otros fines más generales.

B) *Desarrollo*

Para llevarlo a cabo se realizan los siguientes pasos:

- a) *Definición del fin que es objeto de estudio, de forma sencilla, pero dejando claro el propósito del mismo*. Si fuera necesario, también se especifican los posibles condicionantes en la definición, pues van a limitar el proceso de resolución.

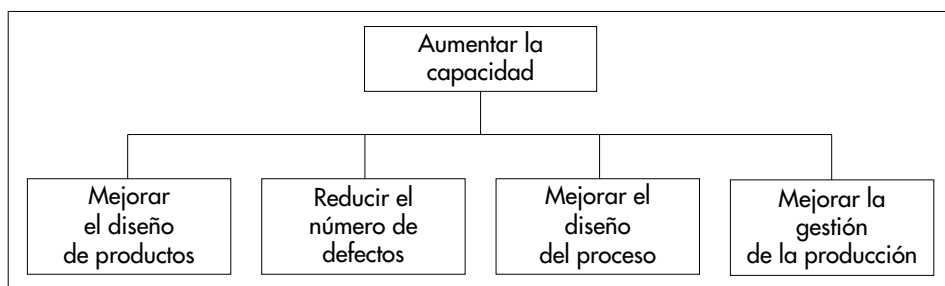
Por ejemplo, el fin es:

Aumentar la capacidad de producción

- b) *Determinación del enfoque a emplear para la identificación de los medios necesarios para lograr el fin*. Para ello, puede emplearse:

- Una clasificación lógica, identificando los medios principales, que a su vez se convertirán en fines; el proceso continúa identificando a su vez, para aquellos últimos los medios secundarios.
- El brainstorming (véase capítulo 4).

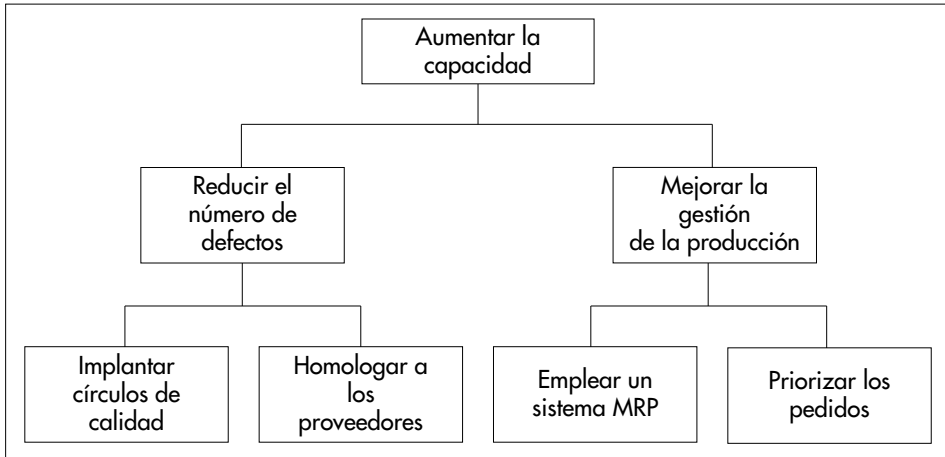
Siguiendo el primer enfoque citado:



- c) *Valoración de cada uno de los medios principales, para garantizar que todos ellos contribuyan a lograr el fin último, teniendo en cuenta su factibilidad*.

En el ejemplo anterior se han eliminado el diseño de productos y procesos por no ser viable a corto plazo.

- d) *Obtención de los medios secundarios que contribuyen a alcanzar los primarios y comprobación de que todos ellos se encuentran en el nivel adecuada*



C) *Análisis*

El Diagrama de Árbol es útil para la planificación de cualquier tipo de actividades, pero requiere de un análisis profundo del problema para asegurar que las conclusiones alcanzadas no son erróneas y no existen medios que hayan sido considerados superficialmente.

En cualquier caso, permite identificar mejoras y hallar las causas de los problemas, de forma similar al Diagrama Causa-Efecto.

3.1.3. Diagrama matricial

A) *Concepto*

Herramienta empleada para relacionar múltiples alternativas con múltiples consecuencias para cada una de ellas. Es una representación gráfica que evidencia las relaciones entre diversos factores y su grado de importancia, pero en términos cualitativos.

Una de las grandes aplicaciones del Diagrama Matricial se lleva a cabo en el desarrollo del método QFD (véase capítulo 6).

B) *Desarrollo*

Antes de emplear un Diagrama Matricial es preciso identificar el número de factores que se van a analizar y posteriormente determinar el tipo de relación existente entre ellos.

A continuación se muestra un Diagrama que relaciona cuatro tipos de datos:

	○			A1			○	
●		○		A2	◐			◐
	○		◐	A3		●		
			○	A4			○	
C1	C2	C3	C4		D1	D2	D3	D4
	○			B1		◐		●
		●		B2	○		●	
○	◐		◐	B3		◐		
◐		○		B4	●		○	◐

● : Relación muy fuerte ◐ : Relación fuerte ○: Relación débil

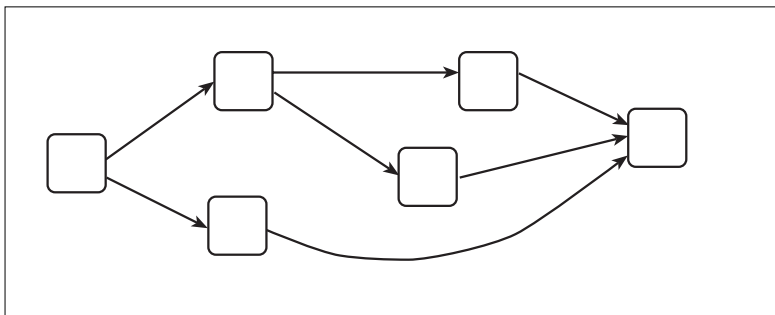
C) Análisis

Este Diagrama facilita la identificación de los factores principales y muestra una gran información de forma clara, con todas las interrelaciones existentes entre los aspectos estudiados.

Al igual que las otras dos herramientas ya mencionadas en este capítulo, el Diagrama de Afinidad y el Diagrama de Árbol, puede presentar el sesgo de la subjetividad de quien lo lleva a cabo.

Es de gran utilidad para planificar actividades, identificar las necesidades de los clientes y relacionar éstas con los aspectos técnicos de la empresa o los competidores o ambos.

3.1.4. Diagrama de flechas



A) Concepto

Método usado para programar sucesos interrelacionados en el tiempo y para identificar «cuellos de botella». Es una representación gráfica en forma de red en la que se representan las distintas actividades de un proyecto y su secuencia a lo largo del tiempo.

Aunque del contexto de las herramientas de la calidad, se emplea la denominación de Diagrama de Flechas, bajo éste se encuentran los métodos PERT y Roy. El método PERT (Program Evaluation and Review Technique) tiene su origen en la década de los cincuenta durante el transcurso del proyecto «Polaris» en Estados Unidos; este proyecto consistía en la construcción de submarinos atómicos armados con proyectiles «Polaris»; en él estaban involucradas unas 250 empresas y unos 9.000 subcontratistas. Para llevar a cabo su coordinación se ideó un método de planificación, el método PERT, con el que se logró reducir el tiempo inicial del proyecto de cinco años a dos años. De forma casi paralela, B. Roy desarrolla en Europa una metodología similar denominada método de las Precedencias o de los Potenciales o método Roy.

Actualmente, bajo la designación genérica de PERT, se pueden englobar ambos métodos. Aunque en la mayoría de los proyectos la técnica empleada es el PERT, debido a que dentro del marco de la calidad, se pretende extender estas herramientas a todos los empleados de la empresa y buscar su utilidad en problemas de gestión, donde no existe una interrelación tan fuerte entre las actividades a planificar, a continuación se desarrollará el método Roy por ser de una mayor sencillez y proporcionar la misma solución que la metodología PERT.

B) Desarrollo

Para llevarlo a la práctica, se empleará la siguiente simbología, como representación de cada una de las actividades de las que consta el proyecto o el trabajo a considerar:

tci	di	tti	i: actividad di: duración de la actividad tci: fecha más temprana de comienzo tti: fecha más temprana de terminación: $tti = tci + di$ Tti: fecha más tardía de terminación Tci: fecha más tardía de comienzo $Tci = Tti - di$ Hi: holgura de la actividad $Hi = Tti - tti = Tci - tci$
i			
Tci	Hi	Tti	

Es decir, las fechas de comienzo y terminación están relacionadas con la duración de cada actividad y la holgura es igual a la diferencia entre las fechas más tardías y las más tempranas, ya sean de comienzo o de terminación.

La relación entre cada una de las actividades está definida mediante una flecha.

Los pasos a desarrollar son los siguientes:

- a) *Identificación de todas las actividades, así como la determinación de sus tiempos de ejecución y relación de precedencia existente entre ellas.*

Proyecto:

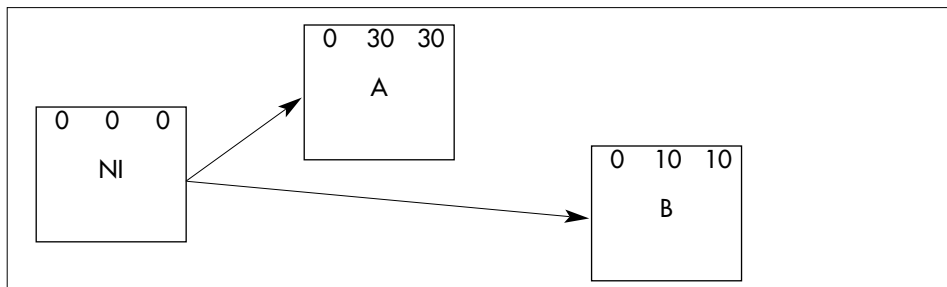
Realización de la documentación de un sistema de calidad por parte de una empresa consultora

A continuación se citan las actividades que integran este proyecto, así como su duración estimada y las tareas precedentes:

Tarea	Precedencia	Duración (días)
A) Constitución del grupo de trabajo.	—	30
B) Adjudicación del contrato y firma del mismo incluyendo condiciones técnico-económicas.	—	10
C) Establecimiento del plan de trabajo.	A	2
D) Visita a las instalaciones.	B, C	10
E) Estudio de documentación de los procesos.	D	15
F) Elaboración del Manual y Procedimientos.	E	62
G) Rectificaciones, entrega de correcciones y aprobación por el cliente.	F	15

- b) *Inicio del diagrama, comenzando por un nudo inicial (NI) de duración del cero y del que parten todas las actividades que no tienen precedencias.*

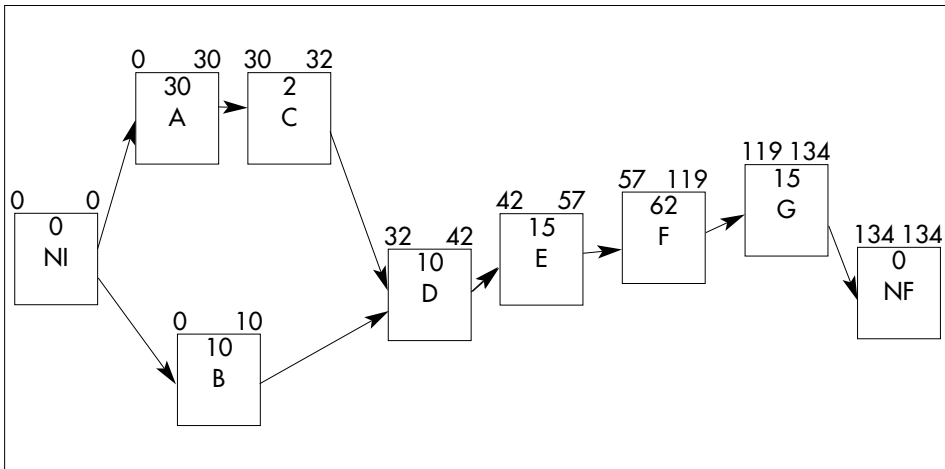
En este caso, son las tareas A y B; en sus correspondientes cuadros se indican su duración. Según se va construyendo el diagrama se van completando las fechas más tempranas, de comienzo y de terminación.



Ambas tareas, como pronto, comienzan en la fecha cero y a ella únicamente es necesario sumarle la duración, para obtener las fechas de finalización.

- c) *Continuación del diagrama incorporando el resto de las tareas*. Es preciso tener en cuenta que cuando una actividad posee como precedentes a más de una actividad, no podrá comenzar hasta que no finalicen ambas.

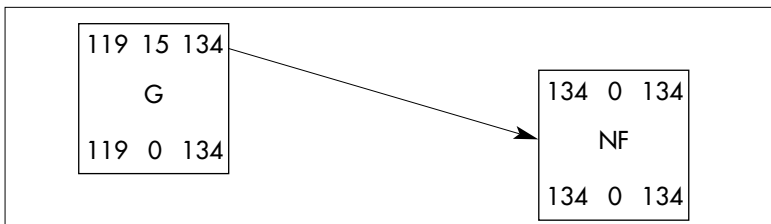
Esto sucede con la actividad D; a ella llegan C (con finalización en 32) y B (con finalización en 10), luego D comienza el día 32; es decir, no se puede iniciar la visita a las instalaciones si previamente no se ha firmado el contrato y se ha establecido el plan de trabajo.



Las actividades que no tienen continuación llegan a un nudo final (NF), de duración cero. La fecha que figura en este nudo representa la duración total del proyecto.

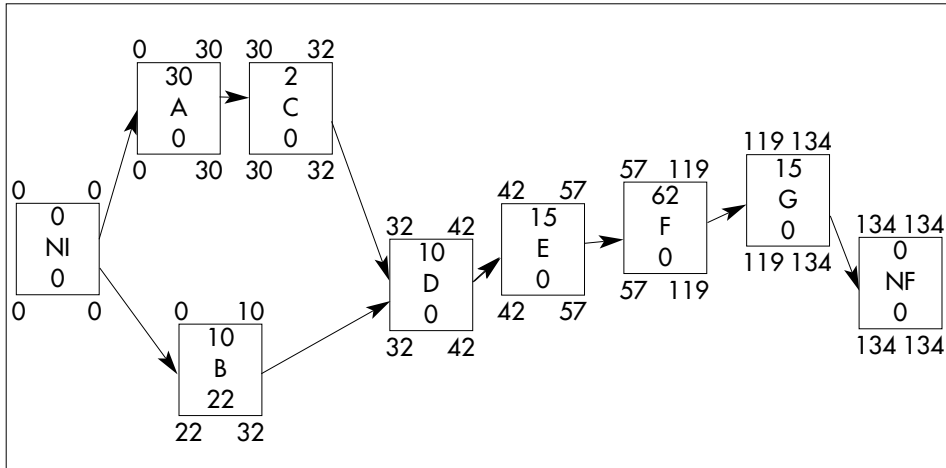
- d) *Se completa el diagrama, hallando las fechas más tardías de terminación y de comienzo*. Para ello, se parte del nudo final, en el que siempre coinciden todos los tiempos, y se recorre el diagrama en sentido inverso. Al realizarlo, se indican también las holguras.

Así, la actividad G, como muy tarde tiene que finalizar el día 134, pues es cuando comienza —también como muy tarde— el nudo final. Por tanto su fecha más tardía de comienzo será $134 - 15 = 119$, y su holgura cero ($134 - 134 = 119 - 119 = 0$).



- e) *Se completa todo el diagrama, señalando el resto de las fechas más tardías hasta llegar al nudo inicial.*

Cuando una actividad sea precedente de más de una tarea, al indicar las fechas más tardías, hay que considerar que como tarde no podrá finalizar después de la fecha menor de comienzo de las tareas que le siguen. Así, el nudo inicial, como tarde, habrá de terminar el día cero, pues, aunque B podría iniciarse en 22, A ha de hacerlo el día cero.



- f) *Determinación de las actividades críticas.* Estas actividades son aquellas que poseen holgura cero; reciben esta denominación porque cualquier retraso de las mismas supone una demora en todo el proyecto. El camino constituido por actividades críticas que transcurre desde el nudo inicial al nudo final, recibe la denominación de **camino crítico**, y todo proyecto posee al menos uno.

En el problema analizado, todas las tareas son críticas con la salvedad de la B, que presenta una holgura de 22 días; esto significa que desde la fecha cero hasta la 22, puede comenzar cualquier día, sin que por ello exista repercusión alguna en el resto de las tareas. El camino crítico sería: NI, A, C, D, E, F, G, NF.

C) *Análisis*

Este método puede emplearse tanto en proyectos como en cualquier proceso que pueda descomponerse en actividades, aunque su utilidad es más elevada cuanto mayor sea la interrelación existente entre las actividades. Su utilidad está condicionada por la correcta estimación realizada sobre los tiempos de ejecución; por este motivo, en condiciones de incertidumbre se estiman tres tiempos para cada tarea, el más pesimista, el más probable y el más optimista. A partir de ellos es preciso emplear unos tiempos medios para repre-

sentar el Diagrama, que se hallan utilizando una distribución Beta, aunque sujeta a ciertas restricciones:

$$\text{tiempo medio} = \frac{\text{tiempo más pesimista} + 4 \text{ tiempo más probable} + \text{tiempo más optimista}}{6}$$

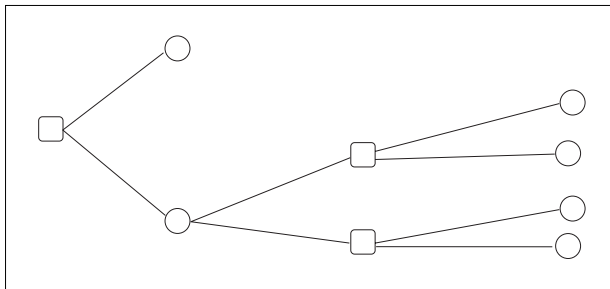
Bajo incertidumbre también es preciso calcular la varianza de cada una de las actividades, pues con ellas es posible hallar la probabilidad de finalización del proyecto o de una actividad en una fecha concreta.

$$\text{varianza} = \left(\frac{\text{tiempo más pesimista} - \text{tiempo más optimista}}{6} \right)^2$$

Debido a que al estimar la duración de una actividad, habrá que asignar unos determinados recursos con un coste asociado, por medio de esta herramienta es posible analizar los distintos ahorros derivados de la reducción de la duración de alguna tarea; aunque inicialmente una disminución de este tipo supone mayores costes pues habrá que asignar más recursos, puede compensar el recorte de tiempo logrado.

Actualmente existen diversas aplicaciones informáticas que permiten aplicar esta técnica como son Superproyect o Primavera.

3.1.5. PDPC



A) Concepto

El PDPC o diagrama del proceso de decisiones es una representación gráfica que muestra posibilidades de alternativas y contramedidas para cada una de ellas.

Se emplea cuando hay incertidumbre respecto a un plan de implantación previsto y éste es de una complejidad notable.

B) Desarrollo

El PDPC parte de que en cada alternativa aparecen dos elementos, uno subjetivo y otro objetivo. El primero depende del decisor y el segundo de los estados de la naturaleza, por lo que se estimará mediante el uso de probabilidades.

La simbología empleada es la siguiente:

□ : nudo de decisión
○ : nudo aleatorio

A continuación se describen los pasos a seguir para la construcción de un PDPC:

a) *Identificación del problema con sus posibles decisiones alternativas.*

Problema a estudiar:

<i>Rediseñar un producto</i>

Alternativas: — iniciar el proceso inmediatamente;
— esperar un año y rediseñar después.

b) *Identificación de los posibles estados aleatorios que pueden influir en la decisión.*

Estados: — Aumento de la demanda.
— Demanda estable.
— Reducción de la demanda.

c) *Asignación de probabilidades a cada estado aleatorio, teniendo en cuenta la posible decisión a tomar.*

Decisión	Aleatoriedad	Probabilidad
Iniciar el proceso inmediatamente	Aumento de la demanda	0,6
	Demanda estable	0,4
	Reducción de la demanda	0
Esperar un año y rediseñar después	Aumento de la demanda	0
	Demanda estable	0,3
	Reducción de la demanda	0,7

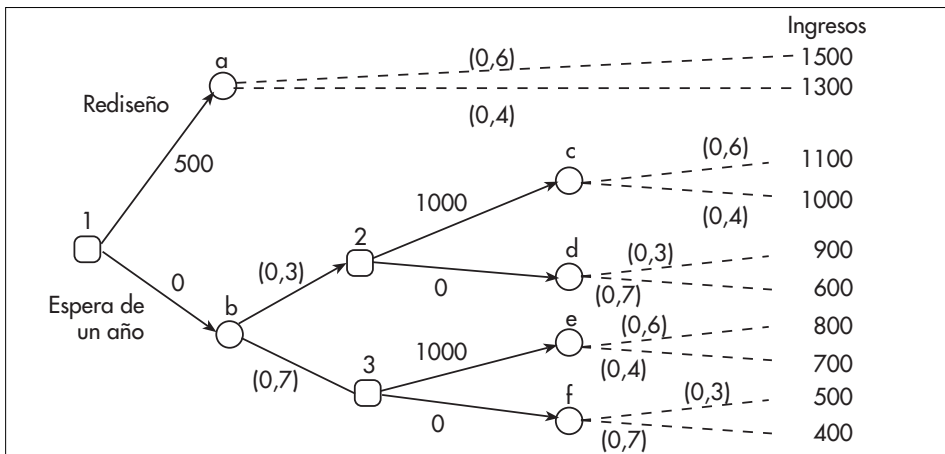
d) *Determinación de los ingresos logrados con cada opción y del coste que supondría, al cabo de un cierto período de tiempo.*

Cuando la probabilidad de que suceda es cero, se elimina esa opción.

Decisión	Coste	Aleatoriedad	Probabilidad	Ingresos
Iniciar el proceso inmediatamente	500	Aumento de la demanda	0,6	1500
		Demanda estable	0,4	1300
Esperar un año y rediseñar después	1000	Demanda estable	0,3	(*)
		Reducción de la demanda	0,7	

(*) Estos datos se muestran en el diagrama, al existir varias posibilidades, una vez transcurrido el período de un año.

e) Representación del diagrama e indicación para cada nudo del volumen de ingresos que supondrá para la empresa la decisión tomada.



Los ingresos esperados (IE), se calculan hallando el valor medio para cada nudo; el proceso de resolución comienza por los nudos situados a la derecha:

$$IE (a) = 0,6 * 1500 + 0,4 * 1300 = 1420$$

$$IE (c) = 0,6 * 1100 + 0,4 * 1000 = 1060$$

$$IE (d) = 0,3 * 900 + 0,7 * 600 = 690$$

$$IE (e) = 0,6 * 800 + 0,4 * 700 = 760$$

$$IE (f) = 0,3 * 500 + 0,7 * 400 = 430$$

En los nudos de decisión el IE se halla mediante el máximo –por ser ingresos– de los nudos aleatorios, teniendo en cuenta además la inversión realizada.

$$IE (2) = \max [IE (c) - 1000, IE (d)] = \max [1060 - 1000, 690] = 690$$

$$IE (3) = \max [IE (e) - 1000, IE (f)] = \max [760 - 1000, 430] = 430$$

Ahora pueden hallarse los ingresos en b:

$$IE (b) = IE (2) * 0,3 + IE (3) * 0,7 = 508$$

$$IE (1) = \max [IE (a) - 500, IE (b)] = 920$$

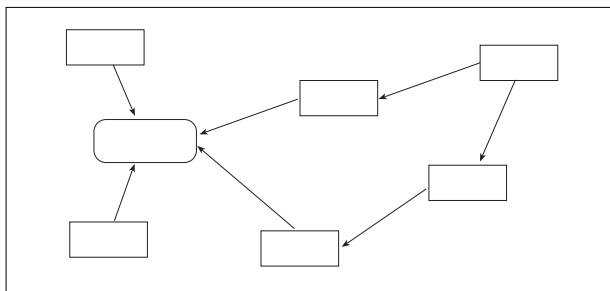
Por tanto interesa iniciar el rediseño inmediatamente.

C) *Análisis*

A causa de la gran cantidad de datos requeridos para llevar a cabo un PDPC, solamente es recomendable su uso en procesos complejos, o cuando existen limitaciones temporales o de otro tipo, que condicionan la toma de decisiones.

La utilidad de esta herramienta se ve limitada por la fiabilidad de los datos recopilados.

3.1.6. Diagrama de relaciones



A) *Concepto*

El Diagrama de Relaciones expresa una red de causas-efectos, que suele emplearse para responder a preguntas del tipo «¿por qué?». Su uso es recomendado cuando la situación es demasiado compleja para encontrar utilidad en el Diagrama de Ishikawa.

B) *Desarrollo*

La construcción de Diagrama de Relaciones comprende, al menos, las fases citadas a continuación:

a) *Determinación del problema y enunciarlo de forma concreta y sin sesgos.*

Problema a estudiar:

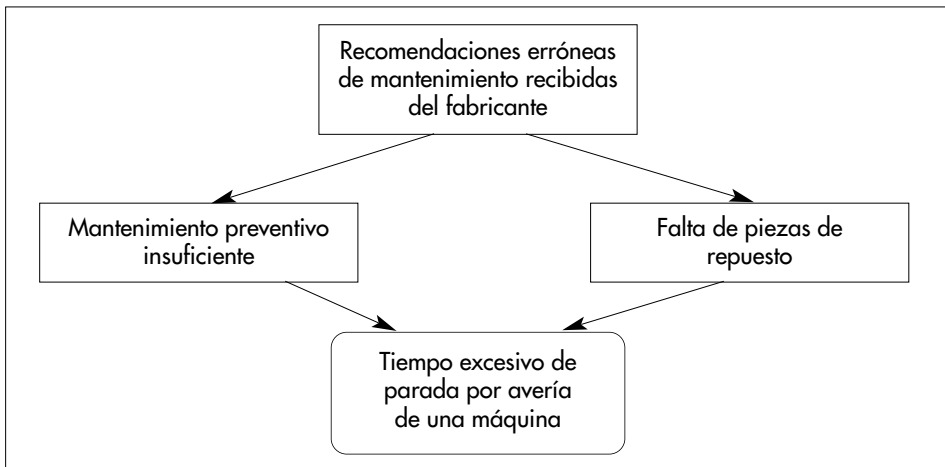
Tiempo excesivo de parada por avería de una máquina

b) *Identificación de los factores que contribuyen al problema objeto de estudio.* Para ello, es posible ayudarse de un Brainstorming.

- Recomendaciones erróneas de mantenimiento recibidas del fabricante
- Errores en el diseño del equipo
- Falta de repuestos ante averías
- Mala utilización de la máquina
- Falta de adiestramiento de los operarios
- Exceso de carga de trabajo
- Mantenimiento preventivo insuficiente
- Condiciones ambientales deficientes
- Organización deficiente del trabajo

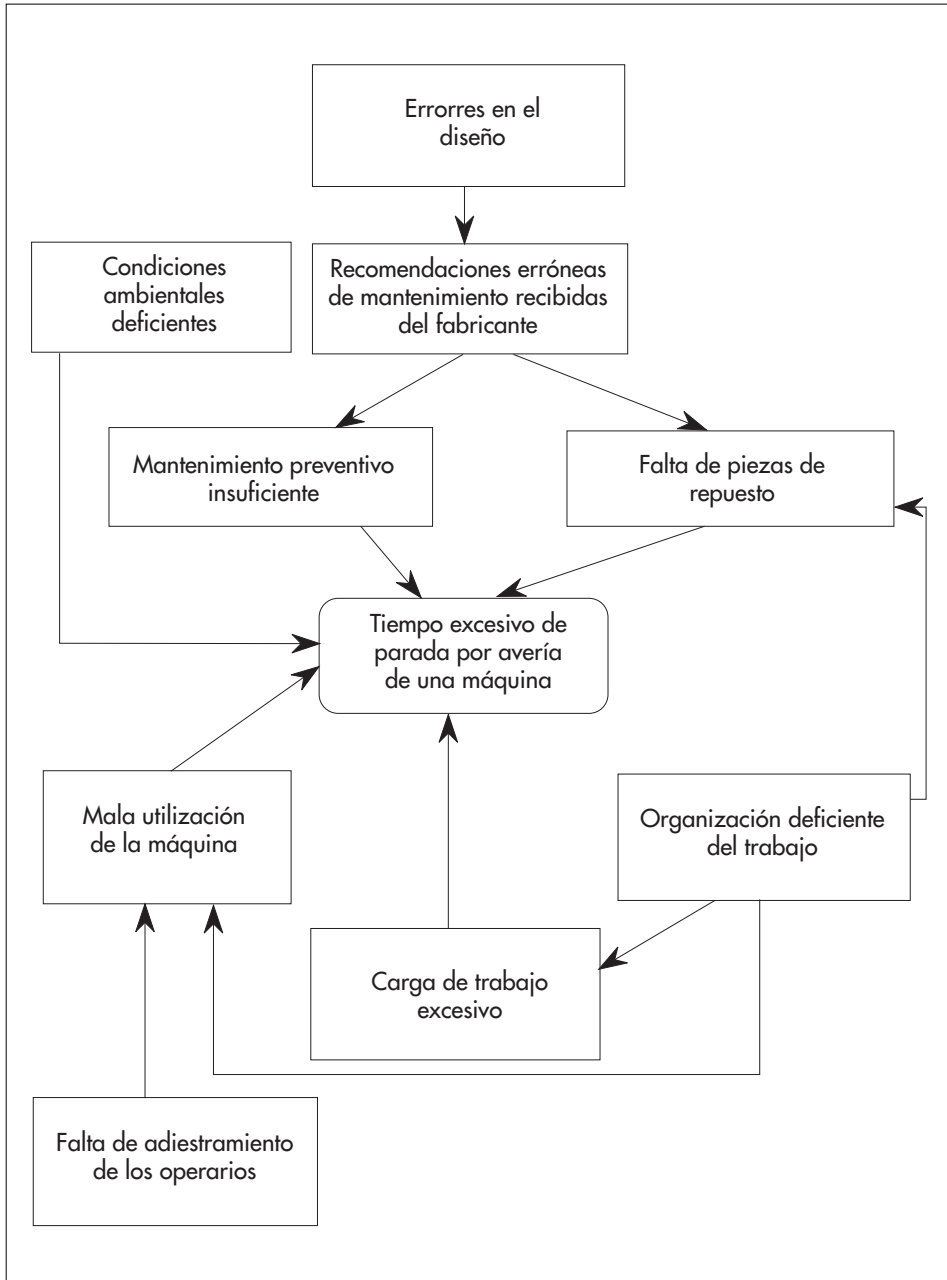
c) *Inclusión de los factores en el diagrama, según figuran en el listado anterior*

Al ir introduciendo cada uno de ellos, si existe una relación directa con el problema, se une a él por medio de una flecha (en el sentido factor-problema). Si además, este factor estuviera vinculado con alguno de los otros enumerados, se marcan también las relaciones.



El primer factor no es causa directa del problema, sino que es la causa de otros dos factores, «mantenimiento preventivo insuficiente» y «falta de piezas de repuesto» que sí inciden directamente en los tiempos de parada por averías.

Tras estudiar todos los factores, el Diagrama de Relaciones tendría el siguiente aspecto:



d) *Identificación de los factores más relevantes del problema analizado, que serán aquellos que presenten mayor número de conexiones.*

En el caso propuesto sería «la organización deficiente del trabajo».

C) *Análisis*

La gran aportación de esta herramienta es que permite tener una visión de las vinculaciones existentes entre todos los factores relacionados con un problema. Respecto al Diagrama Causa-Efecto presenta la gran ventaja de mostrar todos los efectos, no solamente uno como la herramienta de Ishikawa.

En consecuencia, es útil para la priorización de problemas, para el hallazgo de la causa raíz de los mismos e incluso para considerar posibles soluciones alternativas.

3.1.7. Matriz de análisis de datos

$$B_i = \sum_1^j [A_i x_i]$$

A) *Concepto*

La técnica de la calidad asociada al Análisis Multivariante es la matriz de análisis de datos, que consiste en la representación de datos numéricos ordenados de forma matricial, de forma que se facilite el estudio matemático simultáneo de múltiples variables.

B) *Desarrollo*

Los distintos métodos para llevar a cabo un Análisis Multivariante pueden enfocarse desde el punto de vista descriptivo, cuando sintetizan la información procedente de los datos, o bien, desde el punto de vista predictivo, cuando encuentran relaciones entre las variables y explican unas en función de las otras.

Algunas de estas técnicas son:

- *El análisis factorial*: indica la variación de las variables originales en función de un número reducido de factores seleccionados.
- *El análisis cluster*: identifica grupos constituidos por individuos similares. Por tanto, no tiene sentido emplearlo cuando tales grupos ya están formados.

- *El análisis discriminante*: divide a los individuos en grupos diferentes en función de unas variables tomadas previamente según los datos de partida.
- *El análisis de correlaciones canónicas*: indica las relaciones existentes entre dos grupos de variables.

El desarrollo de estos métodos requiere conocimientos estadísticos que se alejan de los objetivos de este libro.

C) *Análisis*

El Análisis Multivariante tiene aplicaciones en todas las ramas del saber, y fundamentalmente se ha empleado a partir de la década de los 80, gracias al desarrollo de los ordenadores personales, y en la actualidad existen numerosas aplicaciones informáticas para llevarlo a cabo, como los paquetes SPSS o Statgraphics.

Su aplicación en el entorno de la calidad puede facilitar la búsqueda de la causa raíz de ciertos problemas, pues lo habitual es encontrar situaciones en las que las variables a analizar y sus interrelaciones sean múltiples.

3.2. CONSIDERACIONES

Como se ha explicado a lo largo del capítulo, la mayor dificultad para obtener buenos resultados, mediante el empleo de las 7 M estriba en la subjetividad de la mayoría de ellas. Este problema es inherente a ellas, por ser herramientas cualitativas. No obstante, las técnicas cuantitativas también presentan limitaciones, pues aunque permiten un tratamiento más riguroso de los datos, las conclusiones extraídas dependen de la propia calidad de toda la información de partida, al igual que las cualitativas.

A pesar de estas restricciones, su uso abarca cualquier actividad de la empresa, y aportan fundamentalmente, al igual que las 7 H, una sistemática de actuación.

BIBLIOGRAFÍA

- COS, MANUEL DE (1997). *Teoría General del Proyecto*. Vol. I y II. Editorial Síntesis, Madrid.
- SEBASTIÁN, M. A.; BARGUEÑO, V. y NOVO, V. (1999, 2.^a edición). *Gestión y Control de Calidad*. Cuadernos de la UNED, n.º 133, Madrid.
- SHIBA, S.; GRAHAM, A. y WALDEN, D. (1995). *TQM: Desarrollos avanzados*. TGP Hoshin, S.L., Madrid.
- UNE 66904-4. *Gestión de la calidad y elementos del sistema de la calidad. Parte 4: directrices para la mejora de la calidad*. AENOR, Madrid, 1993.

EJERCICIOS

EJERCICIO 3.1

El ayuntamiento de una localidad costera va a emprender una serie de actividades con el objeto de mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos; entre estas acciones se encuentran:

- Crear una tarjeta de atención al ciudadano con las siguientes funciones: monedero telefónico, monedero financiero, utilidades municipales de información, gestión y pago.
- Determinar la ubicación de tres nuevos centros de salud.
- Certificar la calidad del transporte público urbano.
- Construir una estación potabilizadora.

Todas las actividades se van a llevar a cabo simultáneamente, y para ello se ha estimado su duración y las tareas precedentes de cada una de ellas, tal y como refleja la siguiente tabla:

ACTIVIDAD	PRECEDENTE	DURACIÓN (semanas)
A) Determinar el número de centros de salud	—	4
B) Determinar la zona a la que darán cobertura	A	1
C) Organizar los servicios municipales	—	28
D) Determinar las utilidades a prestar por la tarjeta	C	3
E) Diseñar la tarjeta de atención al ciudadano	D	20
F) Seleccionar una empresa consultora para la certificación del transporte público urbano	—	1
G) Seleccionar la entidad de certificación	—	2
H) Realizar el proceso de certificación	F, G	49
I) Determinar la capacidad de la planta potabilizadora	—	1
J) Construir los centros de salud	B	25
K) Fabricar la tarjeta	E	1
L) Obtener el certificado	H	1
M) Construir la planta potabilizadora	I	49

Determine la duración del proyecto global y el/los camino/s críticos.

Solución propuesta

Duración del proyecto: 52 semanas

Caminos críticos: cc1: NI, C, D, E, K, NF

cc2: NI, G, H, L, NF

EJERCICIO 3.2

Un fabricante de componentes mecánicos lleva a cabo una estricta planificación de los pedidos y posee un sistema informático que le ayuda a secuenciar todos ellos; sin embargo, a pesar de la ausencia de averías y de mantener una mano de obra con experiencia y perfectamente cualificada, los pedidos se están sirviendo con retraso.

Ante este hecho, se ha decidido llevar a cabo un Diagrama de Relaciones.

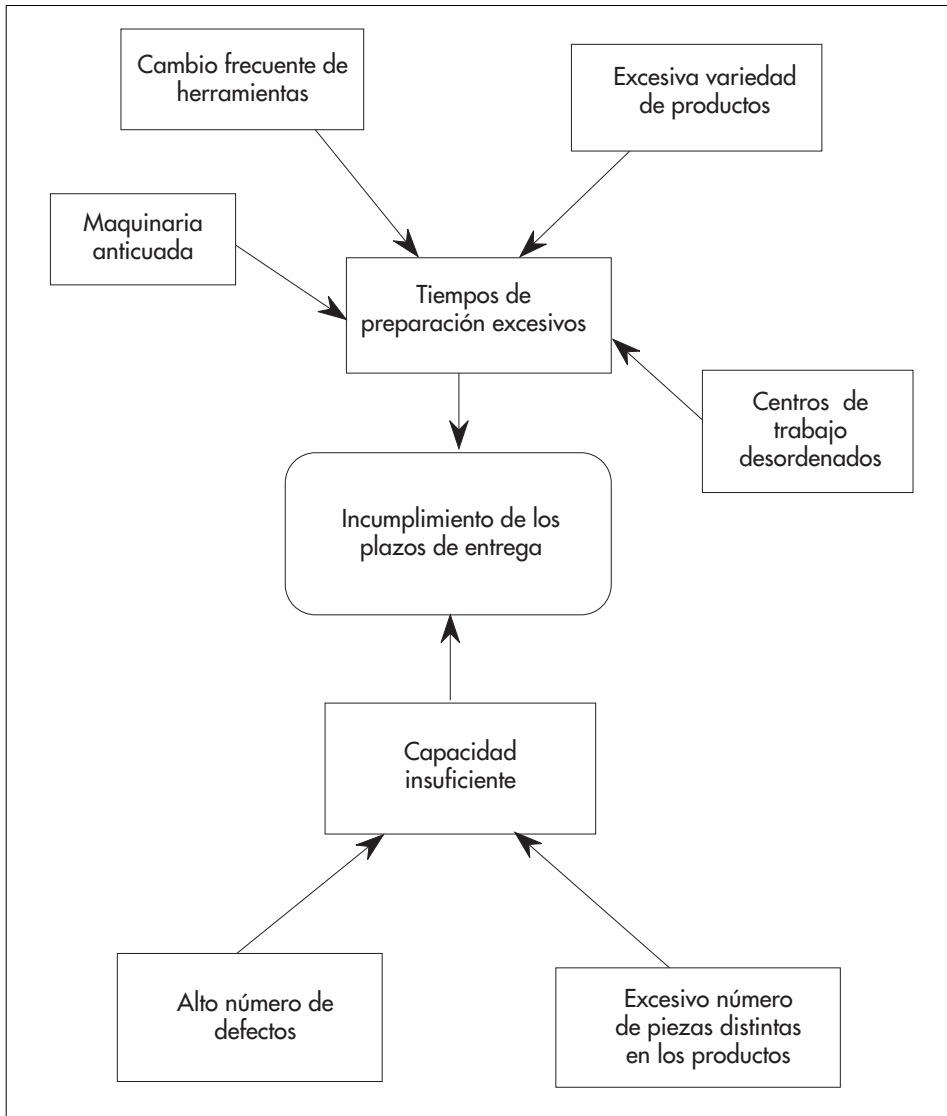
Solución propuesta

El problema identificado es:

Incumplimiento de los plazos de entrega de los pedidos

A priori se señalaron las siguientes posibles causas:

- Excesiva variedad de pedidos.
- Cambio frecuente de herramientas.
- Tiempos de preparación excesivos.
- Maquinaria anticuada.
- Excesivo número de piezas distintas en los productos.
- Alto número de defectos.
- Capacidad insuficiente.
- Centros de trabajo desordenados.



Capítulo 4

OTRAS TÉCNICAS BÁSICAS DE MEJORA DE LA CALIDAD

INTRODUCCIÓN

La incorporación de un capítulo dedicado exclusivamente a dos técnicas básicas de mejora de la calidad se debe a su exclusión dentro de los grupos de las 7 H y las 7 M.

4.1. OTRAS TÉCNICAS DE MEJORA

Las dos técnicas que a continuación se desarrollan —el Brainstorming y el Diagrama de Flujo— a pesar de no estar contempladas dentro de las denominadas herramientas de la calidad, son de uso habitual y ambas están recogidas en la norma UNE 66904-4, como técnicas de mejora de la calidad. Además se da la circunstancia, de que el Diagrama de Flujo es considerado por muchos autores como una de las 7 H, no figurando en tal caso la Estratificación.

4.1.1. Brainstorming

A) Concepto

La Tormenta de Ideas o Brainstorming es una herramienta de grupo que permite la generación de ideas sobre un tema objeto de estudio, potenciando la creatividad y la participación. Esta técnica fue ideada por Alex Osborn en 1953, aunque posteriormente han surgido distintas variantes y es utilizada dentro de técnicas más avanzadas como el Análisis del Valor, el cual se analizará en el capítulo 6.

El grupo va exponiendo sus ideas según van surgiendo, de modo que cada uno tiene la oportunidad de ir perfeccionando las ideas de otros.

B) Desarrollo

El desarrollo de la Tormenta de Ideas sigue los pasos citados a continuación.

- a) *Elección de un coordinador para dirigir la sesión, dentro de los integrantes del grupo.*

El coordinador presentará el problema a resolver y se asegurará que todos comprenden el problema; este último aspecto es importante para que se puedan obtener ideas específicas y tangibles.

- b) *Creación de una atmósfera conveniente donde se respeten las siguientes reglas:*

- Evitar las críticas a las opiniones de los componentes del grupo.
- Alentar las ideas disparatadas.
- Expresar la mayor cantidad de ideas posibles.
- Realizar asociaciones de ideas a través de las sugerencias de los demás.

- c) *Inicio de la sesión de Tormenta de Ideas.*

El desarrollo de este punto puede realizarse mediante tres métodos, los cuales siguen una sistemática diferente.

— *Método Oral Libre.* Los miembros del grupo exponen sus ideas espontáneamente.

- Una persona del grupo irá anotando las ideas a medida que son expuestas.
- La sesión continúa hasta que se obtienen entre 50 y 100 ideas.

— *Método Oral Dirigido.*

- El coordinador pide a cada miembro del grupo, por turno, una idea.
- Los participantes pueden dar su opinión en cualquier ronda.
- La sesión continúa hasta que todos los participantes manifiesten su opinión.
- Las ideas se anotan de la misma manera que en el método Oral Libre.

— *Método Escrito o Metaplán.*

- El coordinador solicita a los participantes que anoten en una pequeña ficha sus ideas.
- Las ideas se recopilan y organizan.

Cada uno de estos métodos presenta una serie de ventajas e inconvenientes frente a los otros, según refleja el siguiente cuadro:

Brainstorming	Ventajas	Inconvenientes
ORAL LIBRE	<p>Espontáneo</p> <p>Creativo</p> <p>Es más fácil contribuir a las ideas de otros</p>	<p>Las ideas de individuos dominantes pueden imperar en la sesión</p> <p>Tendencia a la confusión</p> <p>Pueden perderse ideas si se expresan demasiados de forma simultánea</p>
ORAL DIRIGIDO	<p>Es más difícil que un individuo domine la situación</p> <p>Tendencia a centrar las discusiones</p> <p>Se anima a la participación de todos</p>	<p>Es difícil esperar el turno</p> <p>Existe resistencia a dar una opinión</p> <p>Es difícil trabajar sobre las ideas de los demás</p>
METAPLÁN	<p>Mayor estructuración de ideas</p> <p>El anonimato permite que algunos tópicos desaparezcan</p> <p>No requiere la expresión oral</p>	<p>Es más pausado</p> <p>Algunas ideas pueden ser ilegibles o incomprensibles</p> <p>No se puede contribuir a las ideas de otros</p>

C) *Análisis*

Para la correcta interpretación de las ideas generadas, se deben explicar todas aquellas que ofrezcan dudas, eliminar las duplicadas y estructurarlas mediante criterios de ordenación adecuados. Además es imprescindible que los resultados de la sesión deban ser revisados y evaluados. Esta técnica es útil tanto para los círculos de calidad como para los equipos de mejora.

Osborn sugiere algunas preguntas para ayudar a los miembros del grupo a enriquecer las propuestas de los otros. Estas preguntas son:

- ¿Puede tener otros usos?, ¿hay otros medios para aplicarlo como tal?, ¿puede tener otros usos si se modifica?
- ¿Puede adaptarse?, ¿a qué se asemeja?, ¿qué otras ideas sugiere?
- ¿Puede modificarse?, ¿puede cambiarse el significado, el color, el movimiento, el sonido, el olor, el sabor, la forma?
- ¿Puede aumentarse?, ¿qué puede añadirse?, ¿mayor frecuencia?, ¿más fuerte?, ¿más grande?, ¿más ingredientes?, ¿multiplicarse?
- ¿Puede disminuirse?, ¿qué aminorar?, ¿eliminar?, ¿más pequeño?, ¿más ligero?, ¿más lento?, ¿dividido?, ¿menos frecuente?
- ¿Puede sustituirse?, ¿por qué otro producto/servicio/actividad?, ¿por quién?, ¿en otro lugar?, ¿en otro momento?

- ¿Puede redistribuirse?, ¿otro diseño?, ¿otra secuencia?
- ¿Puede invertirse?, ¿opuestos?, ¿ir hacia atrás?, ¿ir al revés?
- ¿Puede combinarse?, ¿puede mezclarse?, ¿ideas combinadas?

EJEMPLO 4.1

En la empresa Shamive se reunió el personal del departamento de marketing, para realizar una Tormenta de Ideas, ante la pequeña penetración en el mercado de uno de los productos que comercializan. En concreto, se trata de un champú que ha sido lanzado como un producto familiar y para todo tipo de cabello.

La sesión que realizaron se llevó a cabo mediante el método oral libre. El propio director del departamento fue quien expuso el problema. Cada uno de los miembros de la reunión expuso sus ideas de forma espontánea, y el jefe de la división de investigación de mercados fue quien apuntó las mismas.

Al cabo de una hora y media, se dio por concluida la reunión, tras la cual se tenía ya un amplio listado de posibles soluciones para paliar la situación creada.

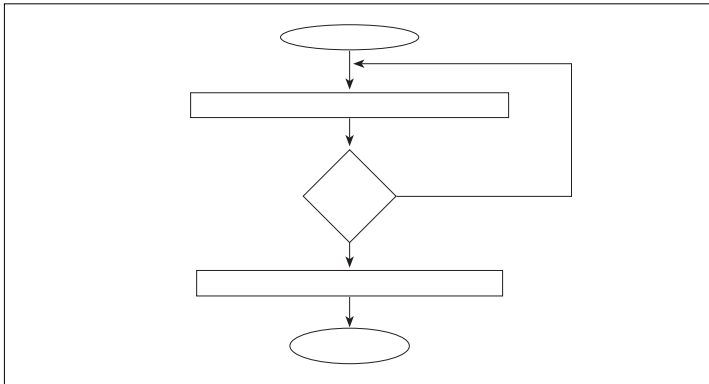
Solución propuesta

El listado obtenido, incluía algunas ideas como éstas:

- Lanzar al mercado un champú hidratante, y manteniendo las mismas características restantes como envase, precio, etc.
- Modificar el diseño del envase por otro más moderno.
- Aumentar la publicidad.
- Dirigir la publicidad hacia un mercado objetivo.
- Disminuir el precio manteniendo sus características.
- Aumentar los canales de distribución.
- Personalizar el tipo de champú (para cabello graso, normal, seco).
- Llevar a cabo promociones en grandes almacenes.
- Lanzar al mercado el champú con acondicionador.
- Realizar promociones en grandes superficies.
- Cambiar el olor y el color del champú.
- Diseñar un envase ecológico.
- Aumentar los tamaños de los envases.
- Ofrecer diversos tamaños de envase.
- Estudiar una nueva composición para el champú que incluya vitaminas.
- Cumplir con los plazos de entrega.
- Disminuir el tiempo de producción.
- Eliminar este producto.

Como puede apreciarse al llevar a cabo un Brainstorming surgen ideas a veces opuestas, pero a partir de todas ellas se puede iniciar la investigación de un problema determinado.

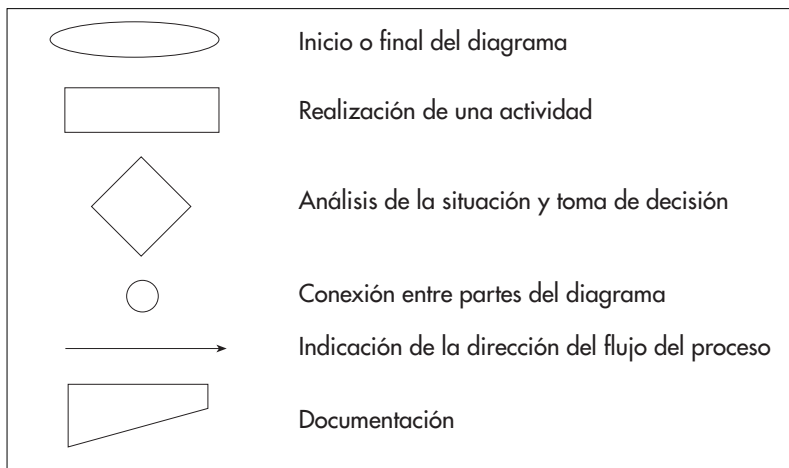
4.1.2. Diagrama de flujo



A) *Concepto*

El Diagrama de Flujo o Flujograma es la representación gráfica de los pasos relevantes de un proceso, por lo que contribuye a la comprensión del mismo. Estos diagramas muestran las entradas, los puntos de decisiones y las salidas de un proceso determinado.

Antes de iniciar la construcción de un Diagrama de Flujo, es necesario definir los símbolos que se van a utilizar, de esta forma se facilita su interpretación; en este apartado se usarán, por su amplia difusión, los siguientes:



En cualquier caso, no existen unos símbolos únicos; cada empresa emplea los que considera oportunos.

B) Desarrollo

Antes de iniciar la construcción del Diagrama hay que definir con exactitud el objetivo del mismo y el grado de detalle en el que se quieran reflejar las etapas del proceso.

Se deben determinar los límites del proceso y esquematizar el mismo en sus seis o siete pasos fundamentales a lo sumo, para clarificar su representación. Cada uno de estos pasos fundamentales se puede subdividir a su vez en otros seis o siete pasos como mucho si la complejidad del proceso lo requiere. En cualquier caso, cuanto antecede ha de tomarse como unas pautas generales, pues el desarrollo de un Flujograma dependerá del proceso a estudiar.

Cada paso del proceso debe quedar identificado mediante una frase y un símbolo y quedar documentado, de forma que sea posible determinar en el diagrama aspectos tales como:

- Entradas significativas de cada paso.
- Resultados significativos como consecuencia de cada paso.
- Actividades siguientes a cada paso del proceso.

Cuando se llega a un punto de decisión o bifurcación se incluye dentro del símbolo adoptado una pregunta y en las ramas que salen de ella se anota la expresión «sí/no», según convenga.

Una vez finalizado el diagrama se comprueban todos los pasos para asegurarse que sigue un proceso lógico y que es un modelo representativo y válido del proceso en cuestión.

C) Análisis

La finalidad de cualquier Diagrama de Flujo es facilitar la comprensión y el análisis del proceso que se desarrolla, por lo que debe centrarse en el trabajo útil y no contemplar las actividades superfluas, de forma que proporcione información para la posible mejora del proceso en cuestión.

Para que esto sea así, es necesario examinar cada símbolo y bucle del Diagrama, centrándose en los siguientes aspectos:

- Necesidad y precisión de los símbolos de las actividades de control.
- Necesidad, rigor y exactitud de los bucles de reproceso, ya que son actividades asociadas a deficiencias por lo que hay que buscar su optimización o bien su eliminación.

- Necesidad de los símbolos de cada una de las actividades, asegurándose de que no existe redundancia.
- Utilidad de los símbolos de documentación.

La interpretación correcta de un Diagrama de Flujo sirve para comprender un proceso en su globalidad y para comparar procesos o bien alternativas a alguno de ellos. Su utilidad es tan elevada que es una de las herramientas claves en la Reingeniería de Procesos, tal y como se expone en el capítulo 8.

EJEMPLO 4.2

A la sección de montaje de la empresa Montex le llegan cajas con diez componentes diferentes cada una. Estos componentes son los necesarios para obtener otra pieza, mediante su ensamblaje.

Las cajas son transportadas hasta Montex por un camión que las deja directamente en la zona indicada para recepción. Las cajas se llevan por medio de una carretilla hasta un lugar destinado para el desembalaje.

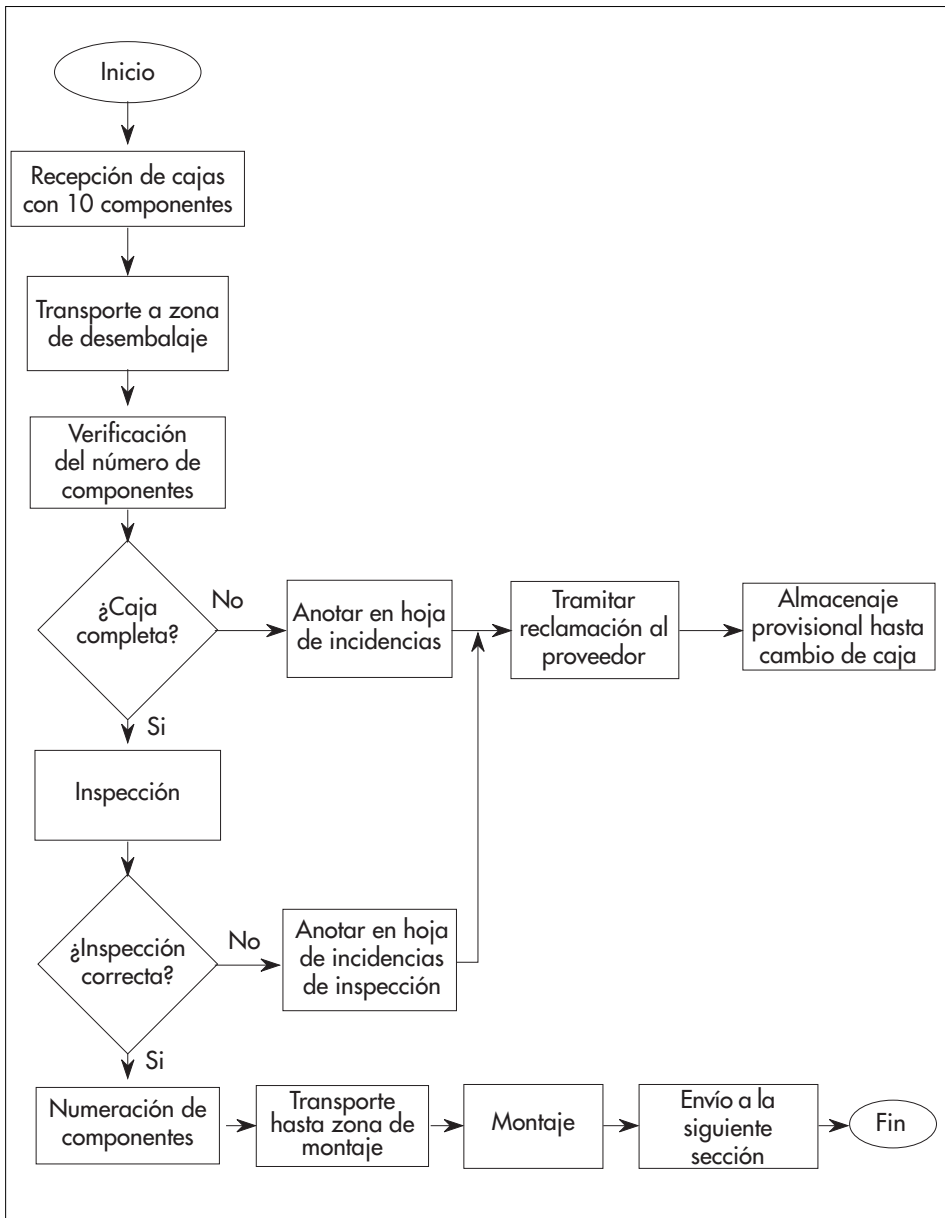
En dicho lugar se destapan y se comprueba que cada caja está completa. Si no lo está se anota en una hoja de incidencias y se remite una reclamación al proveedor, almacenando la caja en un lugar provisional hasta que se cambie por otra completa.

Si la caja contiene los diez componentes, éstos se inspeccionan. En el caso de que la inspección sea satisfactoria, se numeran para facilitar la operación posterior. Si algún componente no pasa la inspección se rechaza toda la caja, anotando lo ocurrido en otra hoja de incidencias y almacenando la caja en el mismo lugar que las que no están completas, reclamando también al suministrador.

Las cajas que han pasado todo el proceso anterior a plena satisfacción se llevan a la zona de montaje por medio de una carretilla y se realiza el mismo. Se monta la pieza y se pasa a la siguiente sección.

Realice un Flujograma y analice en función de su aspecto el proceso descrito.

Solución propuesta



Tras analizar el Diagrama de Flujo, podría plantearse realizar la verificación del número de componentes y la inspección en la zona de recepción de las cajas.

De esta manera, se podría evitar el espacio destinado al almacén de cajas no completas o cajas con componentes defectuosos, pues cabría la posibilidad de cambiarlos, en el caso de no ser conformes, en el momento de la recepción.

4.2. CONSIDERACIONES

El Brainstorming es la herramienta que puede utilizarse, previamente a otras como el Diagrama de Ishikawa, el Diagrama de Afinidad, el Diagrama de Árbol y otros métodos cualitativos; de hecho, por sí misma no aporta información estructurada.

En relación al Flujograma, la gran información visual que proporciona, facilita el análisis de los procesos, de ahí que se haya convertido en la herramienta asociada a múltiples ramas.

BIBLIOGRAFÍA

- GALGANO, A. (1995). *Los siete instrumentos de la Calidad Total*. Díaz de Santos, S.A., Madrid.
- GONZÁLEZ, J. L. (1989). *Dirección con calidad. Proceso de Solución de Problemas*. Centro de Estudios de Técnicas de Dirección, Universidad de La Habana. La Habana.
- UNE 66904-4. (1993). *Gestión de la calidad y elementos del sistema de la calidad. Parte 4: directrices para la mejora de la calidad*. AENOR, Madrid.

EJERCICIOS

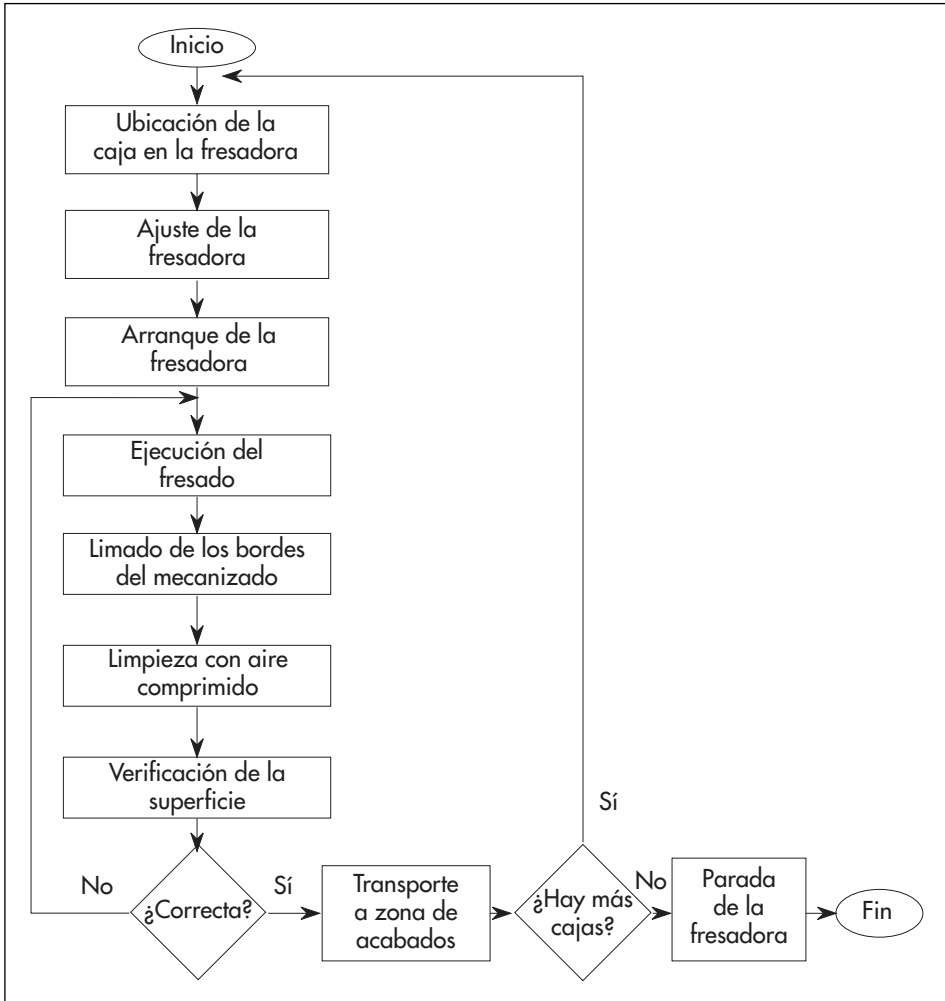
EJERCICIO 4.1

Para el mecanizado de una caja de cambios de hierro fundido, mediante una fresadora hay que realizar las siguientes operaciones:

- Colocar la caja de cambios en la fresadora y poner en marcha la máquina, ajustando la máquina para la profundidad de fresado que se requiera.
- Limar los bordes de la parte mecanizada y limpiar con aire comprimido.
- Verificar la superficie mecanizada con un calibrador.
- Dejar la caja en zona de piezas acabadas.
- Repetir el proceso para todas las cajas de cambio.
- Parar la fresadora cuando se hayan mecanizado todas las piezas.

Para llevar a cabo todas estas actividades se dispone de un solo operario. Con todos los datos citados, realice el Diagrama de Flujo del proceso.

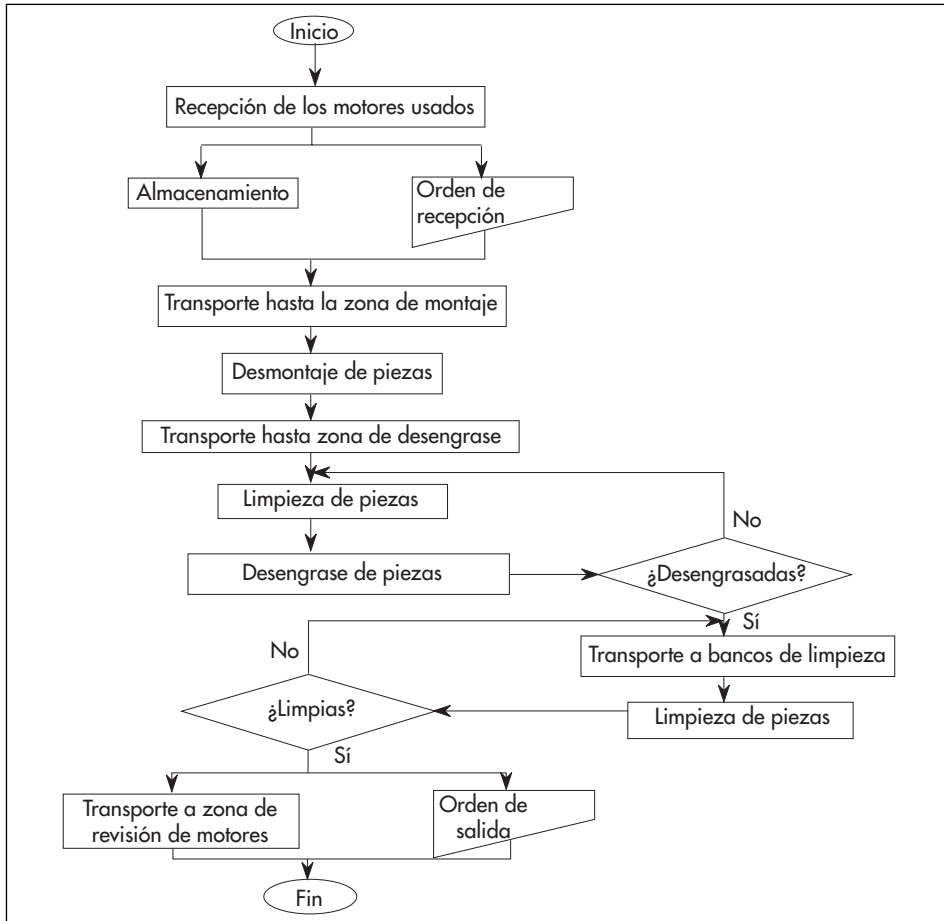
Solución propuesta



EJERCICIO 4.2

Un taller de desengrase de motores usados de vehículos industriales organizó un equipo de mejora para que ideara un método de trabajo más adecuado que el que hasta la fecha tenían, pues eran conscientes de que se realizaban muchas actividades improductivas.

Las tareas que se realizaban en el taller eran el almacenaje, desmontaje, limpieza y desengrase de los motores.



El equipo de mejora realizó un Diagrama de Flujo del proceso que se llevaba hasta entonces para ver de forma gráfica el desarrollo del mismo y mejorarlo.

Solución propuesta

Después de examinar el Diagrama de Flujo del proceso, se observó que había una operación innecesaria para obtener un buen resultado final.

Los motores se limpiaban después de desmontarlos y antes de pasar a la desengrasadora, cuando después de desengrasadas las piezas se limpiaban de nuevo. El equipo de trabajo preguntó la razón de esta tarea pero realmente nadie sabía el motivo. Sencillamente se había comenzado a realizar cuando el taller inició su actividad, y hasta ahora nadie la había cuestionado.

En el taller se dejó de realizar la limpieza antes del desengrasado, con un ahorro de tiempo en el proceso final.

Capítulo 5
RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

INTRODUCCIÓN

En los capítulos 2, 3 y 4 se han descrito las técnicas básicas de mejora de la calidad; una vez conocidas sus características, se va a insistir en su aplicación mediante la relación de las mismas con las fases de resolución de problemas. Juran hace mención a la importancia de encontrar un método de resolución de problemas.

5.1. FASES EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

La metodología clásica en la resolución de problemas sigue las siete fases mencionadas a continuación:

1. Identificación y Selección del Problema
2. Análisis del Problema
3. Generación de Soluciones Potenciales
4. Selección de la Solución
5. Planificación de la Solución
6. Implantación de la Solución
7. Evaluación de la Solución

En cada una de estas etapas se debe responder a una serie de preguntas, las cuales deben ser definidas y respondidas antes de pasar a la etapa siguiente. A su vez, en cada etapa los problemas atravesarán por expansiones —fases en las que se generan ideas, y donde la creatividad es importante— y contracciones —fases donde se seleccionan y clasifican las ideas.

Estas fases son las empleadas en la mejora reactiva, en la que se utilizan las 7 H; no obstante, aunque la mejora proactiva presenta un enfoque más ambicioso, también cubre estas fases y en ellas es posible usar las 7 M. Dado que con los círculos de calidad se concede a los empleados una mayor res-

ponsabilidad, con el empleo de estas herramientas se estimula la generación de ideas y la resolución de problemas específicos; también, el «brainstorming» es una característica esencial de los círculos.

A continuación se exponen las fases de la metodología de la resolución de problemas y su interrelación:

TABLA 5.1. Fases en la resolución de problemas.

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS				
Fase	Pregunta	Expansión	Contracción	Requisitos al pasar a otra etapa
IDENTIFICAR Y SELECCIONAR EL PROBLEMA	¿Qué es necesario cambiar?	Problemas a considerar	Presentación de un problema	Identificación y descripción del punto básico del mismo
ANÁLISIS DEL PROBLEMA	¿Qué impide alcanzar ese punto?	Causas potenciales identificadas	Soluciones potenciales esclarecidas	Causas claves comprobadas y clasificadas
GENERACIÓN DE SOLUCIONES POTENCIALES	¿Cómo se podría lograr el cambio?	Ideas sobre cómo resolver el problema	Soluciones potenciales esclarecidas	Listado de soluciones
SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN	¿Cuál es la mejor manera de lograrlo?	Criterios para evaluar las soluciones potenciales	Criterios para evaluar las soluciones acordadas	Plan de ejecución y control del cambio
PLANIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN	¿Cómo se puede dirigir el cambio?	Ideas para aplicar y evaluar la solución seleccionada	Planes de aplicación y evaluación acordados	Criterio de medición de la eficacia de la solución
IMPLANTACIÓN DE LA SOLUCIÓN	¿Se está siguiendo el plan?	—	Puesta en práctica de los planes de contingencia acordados	Solución
EVALUACIÓN DE LA SOLUCIÓN	¿Qué resultado se ha logrado?	—	Eficacia de la solución y otros problemas existentes	Verificación de la resolución del problema y acuerdo sobre el enfoque para solucionar otros problemas

Fuente: elaborado a partir de González (1989).

5.2. APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE MEJORA EN CADA FASE

5.2.1. Identificación y selección de un problema (1.^a fase)

a) Objetivo

Un problema debe quedar identificado mediante una definición objetiva que describa la situación que se desea cambiar. La definición del problema no debe contener ni causas ni soluciones, ya que sin la recopilación y análisis de los datos es difícil conocer *a priori* el motivo de su origen y la respuesta apropiada de mejora.

Es conveniente también, incluir en la definición el «estado» deseado, es decir, una descripción de la situación que se desea alcanzar mediante la solución del problema. Con la especificación del objetivo se logra un enfoque apropiado del asunto a clarificar.

A pesar de su aparente trivialidad, la correcta definición del problema es esencial para su posterior resolución, de hecho como se ha observado en capítulos anteriores —capítulos 2, 3 y 4— es el punto de partida de cualquier técnica de mejora.

b) Tratamiento

Para llegar a la definición del problema es conveniente seguir los pasos descritos en el método que se detalla a continuación mediante un diagrama de flujo (González, 1989), según figura en la figura 5.1:

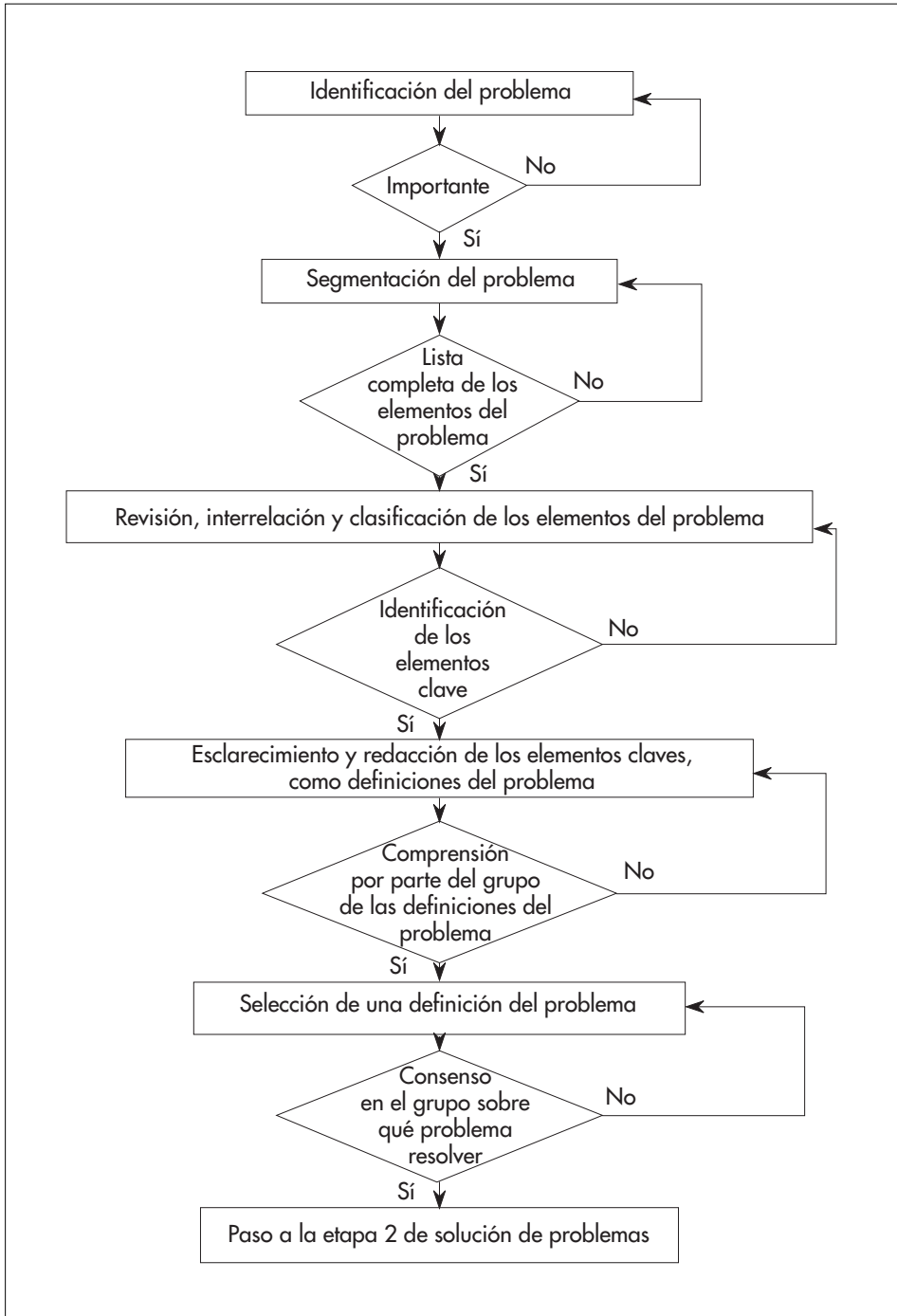


FIGURA 5.1. Método de definición de un problema.

- Actividad: Identificación del problema.

El primer paso es concienciarse de que algo no funciona bien, que existe una discrepancia entre lo que es y lo que debería ser. Esta discrepancia debe ser descrita con detalle con el objeto de acotar el problema.

- Actividad: Segmentación del problema.

Si el problema identificado es general o es una serie de problemas que no están bien definidos, no se puede manejar con eficacia la situación. Por lo tanto, es necesario fragmentar el problema en partes más pequeñas. Una técnica útil para la realización de este paso es la Tormenta de Ideas, planteándose la cuestión: *«¿cuáles son las razones posibles de este problema?»*.

Es conveniente extraer tantos elementos como sea factible, ya que de esta manera se logra un mejor enfoque del mismo y se delimita su amplitud y los parámetros del problema.

- Actividad: Revisión, interrelación y clasificación.

Cuando se haya finalizado la Tormenta de Ideas, cada una de las ideas debe ser revisada para asegurarse la comprensión de todas ellas; si es necesario se modificará la lista incluyendo alguna nueva sugerencia, o bien rechazando o desglosando alguna de las ya existentes. Después de lo antes citado, se inicia la elección de los distintos problemas que deben incluirse en la selección final.

- Actividad: Esclarecimiento y redacción de las definiciones del problema.

Para un esclarecimiento de todas las partes del problema puede utilizarse la técnica del Diagrama Causa-Efecto, de forma que el problema queda dividido en todos sus componentes o causas. También es útil el Diagrama de Árbol. Cada una de las ideas de la lista final ha de quedar redactada como definición del problema, de forma clara y precisa.

- Actividad: Selección de la definición del problema.

Una vez desarrollada una pequeña lista de problemas, es el momento de seleccionar con cuál se va a trabajar. La realización de este paso se efectúa mediante la valoración de factores tales como: control, magnitud, dificultad, tiempo, utilidad e inversión. Es vital no emprender una acción de este tipo si no existe capacidad de decisión por parte del grupo o no hay recursos disponibles, por lo que es necesario plantearse previamente su factibilidad técnica y su viabilidad económica.

CONTROL	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Somos las personas adecuadas para afrontar este problema? • En la medida que el grupo controle el problema y esté capacitado para dominar la solución.
MAGNITUD	<ul style="list-style-type: none"> • ¿En qué medida es importante que este problema sea resuelto? • Gravedad o urgencia del problema.
DIFICULTAD	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Será posible lograrlo? • Evaluación de la dificultad relativa al enfrentar el problema desde su definición hasta su solución.
TIEMPO	<ul style="list-style-type: none"> • ¿En cuánto tiempo se resolverá el problema? • Valoración del tiempo relativo que tome la resolución del problema.
UTILIDAD	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué utilidad se logra? • Utilidad aproximada esperada por resolver el problema en términos de coste, plazos, calidad...
INVERSIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Disponemos de los medios necesarios para emprender esta tarea? • Valoración de los recursos necesarios para resolver el problema y si es posible obtenerlos.

c) *Técnicas de Mejora*

Dentro de las técnicas de mejora, resaltan, por su utilidad:

- Tormenta de Ideas, pues facilita la elaboración de un listado de áreas con problemas generales.
- Hoja de Recopilación de Datos, para poder comparar datos al seleccionar el problema.
- Diagrama Causa-Efecto, para segmentar el problema atendiendo a factores como las 5 M.
- Diagrama de Flujo, pues permite una mejor definición del problema, una vez seleccionadas e identificadas las oportunidades de mejora en cada uno de los factores que afectan al problema.
- Diagrama de Pareto, al facilitar la valoración de los factores que afectan al problema.
- Gráficos de Control, en la detección de un problema ante una pauta de variación extraña.
- Diagrama de Flechas, para la propia identificación del problema, su división en distintas fases y las interrelaciones de todos los elementos.

- Diagrama de Árbol, por los mismos motivos que los diagramas Causa-Efecto y de Flechas.
- Diagrama de Relaciones, para determinar todos los efectos que contribuyen a crear el problema y las vinculaciones existentes entre ellos.

d) Comprobación

Antes de iniciar la siguiente etapa de la Resolución de Problemas, se ha de asegurar que se ha definido en su totalidad el problema mediante las siguientes cuestiones:

- ¿El problema ha sido planteado objetivamente en términos de «cómo es»?
- ¿El grupo ha descrito el «estado» buscado en términos observables y mensurables?
- ¿Posee todo el grupo de trabajo una comprensión común del problema?
- ¿La amplitud del problema está suficientemente limitada?
- ¿Se encuentra el problema dentro del control o la influencia de las personas involucradas en su resolución?
- ¿Es conveniente solucionar el problema?
- ¿Se pueden obtener los datos para resolver el problema?

5.2.2. Análisis del problema (2.^a fase)

a) Objetivo

Una vez especificado el problema y recogidos todos los datos para su posterior análisis, hay que identificar las causas principales del mismo.

El análisis y la recopilación de datos —no opiniones— se basa en dos preguntas:

- ¿Qué se desea averiguar?
- Cuando se conozca, ¿qué acciones se van a emprender o qué decisiones se van a tomar?

La recopilación de los datos es una de las tareas más importantes en la Resolución de Problemas, pues los datos deben ser un reflejo de los hechos; este punto ya se ha mencionado en la estrategia kaizen y resaltado por ejemplo por Ishikawa o Feigenbaum; por ello es importante mencionar los puntos citados por Ishikawa, que son los siguientes:

- Actuar conforme a los datos. Los datos deben ser la base de las acciones, por lo que se debe discutir el problema sobre la base de los mismos y respetar los hechos evidenciados por éstos. Para ello es imprescindible que sean fiables y que no estén falseados o incrementados.

- Explicar el propósito de la recopilación de datos. Si se desconoce la misión a la que están destinados los datos, no se puede determinar cuáles deben ser recogidos. Es necesario revisar el propósito de los datos que están siendo obtenidos y observar si están siendo utilizados de forma efectiva.
- Reflejar todo en forma de dato. La obtención de los datos debe seguir una metodología clara para evitar la influencia de circunstancias, tales como la falta de instrumentos o personal, la dificultad en la cuantificación, entre otras. La voluntad y habilidad en la ejecución de esta tarea son claves para su buen desarrollo.

b) Tratamiento

La forma de llevar a cabo esta etapa es la siguiente:

- Confirmar que el problema existe realmente. Se identifican y recogen todos los datos necesarios para confirmar que el problema es real. Estos mismos datos pueden ser indicadores de cuándo y dónde es de mayor gravedad el problema.
- Identificar las causas potenciales. Se aplica el análisis causa-efecto para identificar y poner de manifiesto todas las causas potenciales que contribuyen a la existencia del problema en consideración.
- Seleccionar las causas más probables para su verificación. Se vuelven a analizar los datos y se recogen otros si así lo requiriese la situación, para verificar cuáles son las causas más significativas.
- Presentar los datos. La representación gráfica de los datos permite utilizar la información con mayor facilidad.
- Identificar las fuerzas que faciliten la puesta en práctica. Es conveniente identificar todas las fuerzas positivas que puedan ejercer influencia.
- Revisar la definición del problema. En este momento en el que la situación es conocida en profundidad, cabe cuestionarse si la definición del problema es la mejor descripción de la condición «cómo es» y de no ser así, se revisa para su redefinición. También se cuestiona el «estado» deseado, y si no se encuentra del todo razonable en este momento se revisa de igual forma.

c) Técnicas de Mejora

Las técnicas adecuadas para la utilización en esta etapa son las siguientes:

- Tormenta de Ideas, para identificar las causas potenciales que deben ser investigadas.
- Hoja de Recopilación de Datos, para recoger la información necesaria para analizar el problema identificado.

- Diagrama Causa-Efecto, en la identificación y verificación de los factores que están ocasionando el problema.
- Diagrama de Pareto, para confirmar qué datos de los recopilados son los que más influyen.
- Histograma, para analizar la pauta de variación de los datos recogidos para investigar el problema. Esto puede ayudar a identificar la causa principal del problema.
- Diagrama de Flujo, para elaborar teorías sobre las causas del problema y revisar la definición del mismo.
- Diagrama de Dispersión, pues una vez recogidos los datos pueden hacerse pruebas con ellos e identificar así la causa del problema.
- Estratificación, para la subdivisión de los datos recopilados.
- Gráficos de Control, debido a que con ellos se confirma si el problema realmente existe al analizar los datos.
- Diagrama de Afinidad, para formular el problema y facilitar su comprensión.
- Diagrama de Árbol, cuando el Causa-Efecto no es suficiente.
- Análisis Multivariante, al permitir hallar todas las interrelaciones de las variables.

d) Comprobación

Antes de iniciar la siguiente etapa del proceso (fase 3), conviene verificar lo siguiente:

- ¿Se confirma que el problema existe con el análisis de los datos?
- ¿Se han basado las causas claves en el análisis de los datos?
- ¿Se han presentado los datos de forma efectiva?
- ¿Se han estudiado los factores positivos así como sus causas?

5.2.3. Generación de soluciones potenciales (3.^a fase)

a) Objetivo

Se deben generar tantas vías de solución como sea posible —incluso las que en principio puedan parecer fuera de contexto e inviables— para llegar a la solución real del problema.

La técnica más adecuada en esta fase del proceso es la Tormenta de Ideas.

b) Tratamiento

La forma de realizar esta etapa es la que se detalla a continuación:

- Revisión de los resultados de las fases 1 y 2. Suele ser de utilidad iniciar la búsqueda de soluciones revisando la definición del problema y el «estado» deseado de la etapa 1, así como los datos recopilados y analizados de la fase 2. Es conveniente detenerse en las causas claves, las sinergias y los impedimentos o limitaciones, y cuestionar:
 - ¿Cómo pueden eliminarse las causas del problema?
 - ¿Cómo pueden reducirse al mínimo los impedimentos?
 - ¿Cómo pueden incrementarse al máximo las sinergias?
- Utilización del Brainstorming para generar ideas que conduzcan a soluciones. En este paso es conveniente no detenerse demasiado pronto, pues las primeras ideas y las más evidentes no son siempre las mejores.
- Uso de la experiencia. Un problema similar ocurrido en el pasado puede proporcionar la solución más adecuada para el problema actual.
- Aclaración de las sugerencias. Todas las sugerencias deben ser recogidas y comprendidas por todas las partes involucradas en la resolución del problema. Para que esto suceda así, se deben evitar ambigüedades y proporcionar información específica.
- Participación de personas ajenas al grupo. Cuando el grupo o individuo involucrado en la resolución del problema requiera conocer otras perspectivas sobre la propia resolución, se ha de buscar la colaboración de aquellos afectados directamente por el problema y de aquellos que posean amplios conocimientos sobre el mismo.

c) Técnicas de Mejora

Para el desarrollo de esta etapa son de utilidad las siguientes herramientas:

- Tormenta de Ideas, para generar todas las soluciones potenciales posibles.
- Diagrama de Flujo, para revisar los resultados de las etapas anteriores y utilizar la experiencia del pasado en otros procesos.
- PDPC, por su posibilidad de plantear situaciones en entornos aleatorios.

d) Comprobación

Antes de comenzar la etapa 4 ha de asegurarse que existe una respuesta adecuada a las siguientes preguntas:

- ¿Se han agotado las ideas?
- ¿Se ha evitado la evaluación?
- ¿Nos hemos situado «fuera de contexto»?
- ¿Es necesario conocer más ideas procedentes de otras fuentes?

5.2.4. Selección de la solución (4.^a fase)

a) *Objetivo*

Se decide la solución óptima según los criterios de la empresa, es por ello que es importante obtener compromisos de aquellos que se verán afectados por la implantación de la solución.

b) *Tratamiento*

Los pasos para el desarrollo de esta etapa son los mencionados a continuación:

- Sugerir criterios para evaluar soluciones y determinar las apropiadas para el problema.
- Aplicar los criterios mediante los métodos adecuados.
- Alternar la discusión para encaminarse hacia la selección de la mejor solución.
- Identificar los obstáculos que dificulten o impidan su puesta en práctica.
- Sugerir las acciones necesarias para implantar la solución y acordar el plan a seguir.
- Sugerir métodos para evaluar el comportamiento de la solución y acordar el plan a seguir.

c) *Técnicas de Mejora*

Las técnicas recomendadas en esta etapa para la Selección de la solución se citan a continuación:

- Hoja de Recopilación de Datos, pues permite comparar datos y evaluarlos.
- Diagrama de Dispersión, para aplicar distintos criterios que ayuden a seleccionar la solución.
- Diagrama de Árbol, al facilitar la determinación de los medios requeridos para alcanzar la solución.
- Diagrama Matricial, debido a que muestra el grado de intensidad entre distintos factores, por lo que se pueden comparar soluciones.

d) *Comprobación*

Para el comienzo de la siguiente etapa hay que asegurarse que están resueltas las siguientes preguntas:

- ¿Están investigadas las opiniones divergentes?
- ¿Se llegó a un consenso sin presiones y sin el uso de la mayoría de voto?

5.2.5. Planificación de la solución (5.^a fase)

a) *Objetivo*

Al planificar la puesta en práctica, se deben conocer todos los detalles, anticiparse a los obstáculos, determinar las acciones decisivas, desarrollar planes de contingencia y reducir los riesgos al mínimo.

b) *Tratamiento*

Para la planificación de la implantación de la solución es recomendable actuar de la siguiente manera:

- Dividir la solución en tareas secuenciales manejables. Con ello se logra una serie de puntos de referencia que ayudan a determinar si la ejecución se dirige hacia el objetivo y satisface los propósitos establecidos.
- Asegurarse que todos conozcan lo que debe realizarse. Se han de definir con claridad objetivos evidentes y mensurables, o bien tareas para todos aquellos que estén involucrados en la implantación de la solución.
- Desarrollar una estrategia de compromiso. Debe quedar claro quién tiene un compromiso activo en cada paso de la implantación y mantenimiento de la solución.
- Establecer un sistema de control. El sistema debe tener puntos de referencia para juzgar el avance del proyecto y detectar si los objetivos a corto plazo se están realizando según lo planificado.
- Asegurarse que se han recogido los datos. Al implantar la solución se producirán cambios, y será necesario valorar el impacto de la ejecución de la solución, por lo que es necesario disponer de los mecanismos que permitan la recopilación de datos y la medición establecidos en la evaluación general.
- Determinar los planes de contingencia. Al establecer planes de contingencia se deben considerar los siguientes aspectos:
 - Problemas específicos que pueden aparecer.
 - Probabilidad que puede tener la aparición de los distintos problemas.
 - Impacto que provocaría la aparición de los distintos problemas.
 - Acciones a tomar para evitar la aparición de los problemas.
 - Forma de detectar el problema.
 - Acciones contingentes que permiten disminuir los efectos perjudiciales o aumentar los efectos beneficiosos del problema.
 - Forma de enfrentarse a problemas imprevistos u oportunidades de mejora.

c) Técnicas de Mejora

Las Técnicas de Mejora recomendadas en esta etapa para la planificación de la implantación de la solución se citan a continuación:

- Diagrama de Dispersión, para diseñar los sistemas de control de la implantación de la solución.
- Diagrama de Flujo, como ayuda en el establecimiento de los sistemas de control.
- Gráficos de Control, pues con él se pueden elaborar vías que evalúen el comportamiento de la solución, establecer puntos de referencia del sistema de control y determinar los planes de contingencia.
- Diagrama de Flechas, para una planificación metódica de la solución, de forma que además presente una visión general de la misma.
- Diagrama de Árbol, ya que con él quedan identificados los medios requeridos para alcanzar la solución.
- Diagrama Matricial, con objeto de plasmar los vínculos entre las actividades que hay que llevar a cabo.

d) Comprobación

Antes del comienzo de la siguiente fase es conveniente asegurarse que están resueltas las siguientes preguntas:

- ¿Contemplan los planes definidos, la asignación de responsabilidades y el establecimiento de fechas?
- ¿Se ha considerado que puede haber otros departamentos o funciones afectados por el plan?
- ¿Existen planes de contingencia en los puntos adecuados?
- ¿Se ha desarrollado un plan de evaluación que determine en qué medida se ha conseguido el «estado» deseado?

5.2.6. Implantación de la solución (6.ª fase)

a) Objetivo

La implantación de la solución se realiza conforme al plan elaborado. Esta implantación debe dividirse en fases para facilitar su control.

Todos los afectados en esta etapa deben participar en la ejecución, debe existir la comunicación fluida para que cada uno sepa qué se espera de él y el compromiso firme de llevar a cabo la solución por parte de los afectados.

b) Tratamiento

El desarrollo de esta etapa debe contemplar los siguientes aspectos:

- Seguir el plan establecido en la fase 5.
- Utilizar sistemas de control para medir el avance.
- Recopilación de los datos para la evaluación de la eficacia de la solución.
- Aplicar los planes de contingencia según las necesidades.

c) Técnicas de Mejora

Es recomendable el uso de cualquiera de las Técnicas de Mejora mencionadas a continuación:

- Tormenta de Ideas, para identificar las causas de resistencia a la implantación de la solución.
- Diagrama Causa-Efecto, en la identificación de qué factores deben considerarse para implantar las soluciones recomendadas.
- Diagrama de Árbol, en la identificación de los medios requeridos para alcanzar la solución.

d) Comprobación

La implantación de la solución sólo puede realizarse si se han establecido las condiciones necesarias para que las personas clave, en las nuevas funciones que deben desempeñar, reciban la formación requerida y se las motive para que tengan la máxima disposición en participar en el cambio propuesto.

5.2.7. Evaluación de la solución (7.^a fase)**a) Objetivo**

Se pretende conocer la eficacia con la que la solución ha sido capaz de resolver el problema identificado y si existe diferencia entre lo que es y lo que debe ser. Una evaluación positiva da lugar a una posible estandarización del nuevo método como ha quedado descrito en el capítulo 1 en la estrategia kaizen.

b) Tratamiento

Los pasos a seguir son los siguientes:

- Recopilar datos según el plan establecido.
- Comparar con el «estado» buscado en la etapa 1.

- Comparar con los datos recopilados para analizar el problema en la etapa 3.
- Comprobar si existen nuevos problemas creados al implantar la solución.
- Reciclar para dirigirse hacia los problemas adicionales o hacia sus causas.

c) Técnicas de Mejora

- Hojas de Recopilación de Datos, para recopilar la información necesaria en evaluación de la solución.
- Diagrama de Pareto, con el objeto de evaluar la solución implantada.
- Histograma, para presentar los datos recogidos en la evaluación de la eficacia de la solución implantada.
- Gráficos de Control, para comparar los datos con el objetivo que se persigue y comprobar si existen nuevos problemas.
- Diagrama de Flechas, para realizar el seguimiento de la solución o contemplar cambios ante nuevas situaciones, considerando las variables de tiempo y coste.

d) Comprobación

La solución debe estar sujeta a una evaluación periódica, de forma que siempre sea susceptible de mejoras continuas. Con este paso se completa un ciclo de mejora, que ha de reactivarse siempre que sea necesario.

A continuación se representa la matriz que relaciona las etapas de la resolución de problemas con las técnicas de mejora que son de aplicación.

Matriz de Relaciones entre las Técnicas de Mejora y las Etapas de la Resolución de Problemas.

ETAPAS TÉCNICAS	Identificación y Selección del Problema	Análisis del Problema	Generación de Soluciones Potenciales	Selección de la solución	Planificación de la solución	Implatación de la solución	Evaluación de la solución
Hoja de recopilación de datos	●	●		●			●
Diagrama causa-efecto	●	●				●	
Histograma		●					●
Estratificación		●					
Diagrama de Pareto	●	●					
Diagrama de dispersión		●		●	●		
Gráficos de control	●	●			●		●
Diagrama de afinidad		●					
Diagrama de árbol	●	●		●	●	●	
Diagrama matricial			●	●			
Diagrama de flechas	●				●		●
PDPC			●				
Diagrama de relaciones	●						
Matriz de análisis de datos		●					
Tormenta de ideas	●		●			●	
Diagrama de flujo	●	●	●		●		

5.3. CONSIDERACIONES

Mediante las fases de resolución de problemas ha podido apreciarse la aplicación indistinta de diferentes técnicas de mejora de la calidad, como ya se había anticipado. Esto es debido a una característica intrínseca a estas herramientas: su generalidad, lo que permite aplicarlas en situaciones muy distintas; es por ello, que la elección de cada una de ellas está condicionada, en ocasiones, al criterio subjetivo del grupo, atendiendo al conocimiento que tenga de ellas.

En los capítulos siguientes se van a exponer otra serie de técnicas de mayor complejidad que exigen unos conocimientos más específicos, generalmente de orden técnico.

BIBLIOGRAFÍA

- GALGANO, A. (1995). *Los siete instrumentos de la Calidad Total*. Díaz de Santos, S.A., Madrid.
- GOMIS, J. y VALERO, J. L. (1990). *La gestión de la calidad en las PYME*. IMPI, Madrid.
- GONZÁLEZ, J. L. (1989). *Dirección con calidad. Proceso de Solución de Problemas*. Centro de Estudios de Técnicas de Dirección, Universidad de La Habana. La Habana.
- ISHIKAWA, K. (1994). *¿Qué es el Control Total de Calidad?* Parramón Ediciones, S.A., Barcelona.
- SHIBA, S.; GRAHAM, A. y WALDEN, D. (1995). *TQM: Desarrollos avanzados*. TGP Hoshin, S.L., Madrid.
- UNE 66904-4. *Gestión de la calidad y elementos del sistema de la calidad. Parte 4: directrices para la mejora de la calidad*. AENOR, Madrid, 1993.

EJERCICIOS

EJERCICIO 5.1

Un negocio de comidas a domicilio está recibiendo una serie de quejas de sus clientes, en relación a la falta de algunos de los ingredientes en los productos que se encargaban. Cada día se venden por término medio unos 200 productos, y el propietario del negocio, que ha realizado un Curso de Gestión de la Calidad, quiere averiguar si el incremento de las quejas se correspondía con un aumento del número de ventas, o bien no existe relación entre ellas.

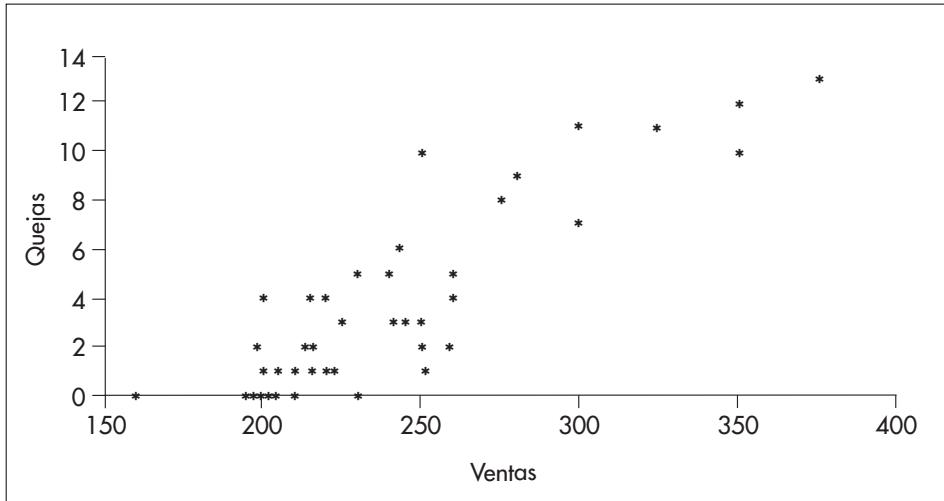
Si las quejas aumentan con el número de ventas, el propietario contrataría a una nueva persona para la elaboración de los productos, pues se podría pensar que debido a la rapidez con la que hay que trabajar con el aumento de pedidos no se tiene el cuidado necesario. Si por lo contrario, no existe una relación clara entre el número de productos vendidos y las reclamaciones recibidas, el propietario investigaría la actitud de un joven contratado hace dos meses para observar si las quejas pueden provenir fundamentalmente de los productos que él elabora.

Pero como esta última posibilidad le parece más problemática de afrontar, pues podría herir la susceptibilidad de los empleados, decide con los datos que se muestran a continuación, correspondientes a los últimos 50 días, realizar un Diagrama de Dispersión para ver la relación entre quejas y ventas. Con los datos expuestos, se obtuvo el siguiente Diagrama:

Venta	Quejas	Venta	Quejas	Venta	Quejas	Venta	Quejas	Venta	Quejas
200	0	200	0	213	2	245	3	175	8
200	1	202	0	210	1	300	11	222	1
204	0	205	1	195	0	350	12	250	2
198	2	210	0	160	0	325	11	260	4
225	3	243	6	200	4	375	13	251	1
250	10	275	8	259	2	350	10	230	0
195	0	198	0	200	0	300	7	200	1
230	5	200	0	215	1	220	4	215	1
216	2	215	4	260	5	230	5	280	9
220	1	200	1	241	3	240	5	250	3

Los datos muestran una Correlación Lineal Positiva Débil, por lo que si existe una relación entre el aumento de las ventas y el número de quejas recibidas, luego en consecuencia se contratará a un nuevo empleado.

Analice si la metodología llevada a cabo es coherente con las fases de resolución de problemas.



Solución propuesta

En principio, la metodología aplicada no parece la más coherente. El propietario ha partido de que el problema es «el incremento del número de quejas», pero hubiera sido conveniente segmentar el problema para proceder a analizar todos los cambios introducidos en la empresa cuando el negocio comenzó a aumentar; en este caso hubiera sido práctica la realización de un Diagrama Causa-Efecto. *A priori*, el propietario no ha considerado factores como la posible falta de suministros de algunos ingredientes, los accidentes del personal que entrega la mercancía causados por un trabajo de mayor intensidad, etc. Por tanto, «incremento del número de quejas» es un síntoma pero no el problema real.

Si la primera fase no está claramente definida, la realización de las sucesivas no llevará a la implantación de la solución adecuada, salvo que durante la etapa 3 «Generación de soluciones potenciales» se reconsidere el problema; esto último no ha sucedido puesto que se ha realizado un planteamiento excesivamente simplista de la situación.

Como puede apreciarse, la utilidad de las técnicas de calidad está supeditada al buen uso que se realice de ellas. Si el problema no está correctamente identificado o se parte de supuestos erróneos, las técnicas no llevarán a una solución por sí mismas.

EJERCICIO 5.2

La empresa Maquisa es fabricante de maquinaria agrícola, y compra bobinas de chapa de acero de 1 mm de espesor a la empresa siderúrgica Hornosa. Esta chapa se utiliza para la construcción de las carrocerías de los vehículos,

que atraviesa por los siguientes procesos: corte, conformado, montaje y protección contra la corrosión.

Al Director de Hornosa le ha llegado una carta de Maquisa en la que se expone una queja formal pues durante el último mes se ha estado suministrando la chapa con retraso, y aunque no ha llegado a provocar la rotura de stocks de Maquisa, esto ha provocado gran inquietud y reservas en el cliente, que ahora duda de la capacidad de Hornosa como suministrador.

En los informes mensuales que cada Departamento remite al Director no se refleja ninguna anomalía en ninguno de los procesos, por lo que se ha convocado una reunión con los responsables de cada sección para averiguar qué ha sucedido, y evitar que el problema se extienda a un número mayor de clientes.

En la reunión, todos se reafirman en su posición, es decir, que no ha ocurrido ninguna anomalía en los procesos, no se ha averiado ningún equipo, no ha faltado ningún trabajador, los desperfectos se mantienen en la media habitual, etc. Uno de ellos, Juan Martínez, sostiene que quizá el problema surja en la zona de almacenaje de las bobinas terminadas, pues allí siempre ha existido cierto descontrol y los productos permanecen más tiempo del deseado; pero Federico Pérez señala que no tiene sentido puesto que en esa zona jamás se realizó una gestión estricta ya que las bobinas apenas permanecen en ella y son expedidas prácticamente en cuanto se reciben. Federico Pérez pregunta que cuántos son los días de retraso en la entrega, a lo que el Director responde que Maquisa no ha proporcionado esa información y solicita a los presentes que se la entreguen, pero todos ellos indican que ésta no es una de sus responsabilidades. Ante esta situación, el Director les comunica que constituyan un equipo de trabajo hasta averiguar lo sucedido.

Solución propuesta

Fase 1: Identificar el problema

En principio, y para evitar la pérdida de su cliente, Hornosa es consciente de que debe agilizar sus envíos, y para empezar a analizar lo sucedido, primero han de conocer el tiempo que actualmente se tarda en entregar la chapa. Ante el convencimiento de todos los responsables de que su sección sigue funcionando como siempre deciden estudiar lo que está sucediendo en la zona de almacenaje de los productos finales y averiguar «¿cuántos días transcurren desde que la chapa está lista para su envío hasta que sale de Hornosa?».

Para ello, el equipo diseña un Hoja de Recopilación de Datos, que permite recoger mensualmente los días que tarda la chapa en salir de la empresa desde que está lista para su envío hasta que realmente se expide del almacén. La Hoja se remite a López, el operario jefe del área para que proceda a su cumplimentación.

Una vez transcurrido el mes, la Hoja muestra los siguientes datos:

Hoja de Recopilación de días transcurridos desde entrada en almacén hasta expedición									
Material: Chapa de acero de 1 mm de espesor					Mes: Febrero				
Técnico: López									
Marcar el n.º de días de retraso en la casilla correspondiente a cada envío: «/»									
Anotar al final de cada mes el total de envíos atrasados en el día correspondiente									
D Í A S L A B O R A L E S	1								Total: 0
	2								Total: 0
	3	/							Total: 1
	4								Total: 0
	5	/							Total: 1
	6								Total: 0
	7	/							Total: 1
	8	/	/						Total: 2
	9	/	/	/	/				Total: 4
	10	/	/	/	/				Total: 4
	11	/	/	/	/	/	/		Total: 6
	12	/	/	/	/	/			Total: 5
	13	/	/	/					Total: 3
	14	/	/						Total: 2
	15	/	/						Total: 2
	16								Total: 0
	17	/							Total: 1
	18								Total: 0
	19	/							Total: 1
	20	/							Total: 1
	21								Total: 0
	22								Total: 0

Con estos datos el equipo de trabajo piensa que ya ha identificado el problema, y que las sospechas iniciales, obtenidas en la reunión inicial con el Director, estaban bien encaminadas. Según la planificación de las actividades de Hornosa, la chapa ha de salir de la zona de almacenamiento al día siguiente de ser obtenida; éste es el motivo por el que nunca se ha realizado una gestión de los stocks.

El siguiente paso fue averiguar cuáles son las posible razones para que la chapa permanezca tantos días en el almacén. Para recabar información el equipo se

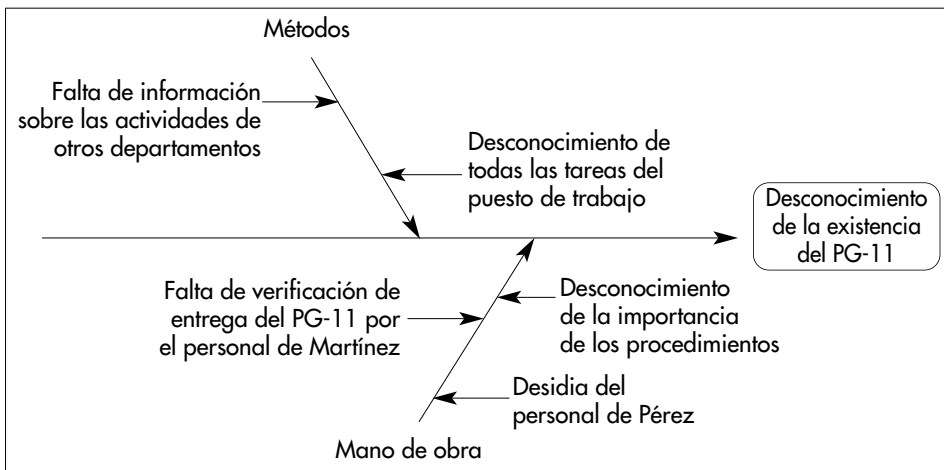
reúne con López quien indica que el procedimiento que se sigue desde hace tiempo es enviar las chapas de la zona de almacenamiento a las rampas de expedición cada día; las chapas poseen una etiqueta de identificación donde se indica, entre otros datos, la fecha en la que fue obtenida y el cliente al que debe ir dirigida. No obstante, desde hace varias semanas a esta zona ha llegado material y herramientas procedentes de otras secciones que obstaculizan el transporte hasta las rampas; López se queja de que parte del personal pasa el día retirando ese tipo de piezas y depositándolas en lugares donde no molesten. Entonces, Federico Pérez apunta que este material y herramientas pertenecen a su sección pero ya no se utilizan, por lo que se enviaron a esa zona para que no estorbarán.

En consecuencia el equipo define el problema: «Traslado a la zona de almacenaje de material obsoleto que dificulta las operaciones».

Fase 2: Análisis del problema

Con la afirmación de Federico Pérez se ha determinado el problema real, por lo que el siguiente paso es analizar las causas que lo provocan. Juan Martínez, que es el responsable de calidad, pregunta a Pérez que por qué no siguen el procedimiento PG-11 que contiene las acciones a tomar cuando se produce la baja de algún material, que además ha sido elaborado hace seis meses; a ello responde que su sección jamás ha recibido tal documento, y que él mismo desconocía su existencia. Martínez solicita la hoja de distribución de documentos interna y en ella se observa que la sección de Pérez figura en la misma, pero reconoce que no existe ningún acuse de recibo del PG-11.

Ante la situación creada y para evitar una discusión entre los responsables de las dos secciones involucradas, se realiza un Diagrama Causa-Efecto, que permita encontrar todas las causas que han originado el problema:



El equipo acuerda que las causas expuestas son la raíz del problema, por lo que ahora se impone encontrar la solución.

Fase 3: Generación de soluciones potenciales

Antes de proceder a la generación de soluciones potenciales, el equipo revisa los resultados de las dos fases anteriores, llegando a redactar una nueva definición del problema, pues el retraso en los plazos de entrega a Maquisa se ha provocado por el desconocimiento del procedimiento PG-11, lo que llevó al traslado de piezas obsoletas a la zona de almacenaje.

Por tanto, el problema es el que figura en el Diagrama Causa-Efecto, y es lo que es preciso resolver: «Desconocimiento de la existencia del PG-11».

Para hallar una solución, el equipo realiza una pequeña sesión de Brains-torming, donde se apuntan ideas como las siguientes:

- Informatizar el sistema de calidad de la empresa.
- Concienciar a todos los responsables de los departamentos de la importancia de los procedimientos.
- Formar a los empleados de base.
- Motivar al personal con premios que reconozcan el trabajo bien hecho.
- Fomentar los círculos de calidad.
- Realizar auditorías de calidad con mayor frecuencia.

Fase 4: Selección de la solución

Del conjunto de soluciones propuestas se acuerda llevar a cabo un Diagrama Matricial para observar la relación entre las soluciones potenciales y las causas que han originado el problema. Se obtiene el siguiente diagrama:

CAUSAS	Falta de información sobre las actividades de otros departamentos	Desconocimiento de todas las tareas del puesto de trabajo	Falta de verificación de entrega del PG-11 por el personal de Martínez	Desconocimiento de la importancia de los procedimientos	Desidia del personal de Pérez
SOLUCIONES					
Informatizar el sistema de calidad	○		◐		
Concienciar a los responsables			◐	●	○
Formar	●	●	○	●	○
Motivar			○		●
Círculos de calidad					○
Mayor frecuencia de las auditorías		○	○		

● : Relación muy fuerte ◐ : Relación fuerte ○ : Relación débil

Finalmente y atendiendo al resultado del Diagrama, se decide por iniciar actividades de formación. También se reconoce la importancia de la informatización del sistema de la calidad de la empresa y su petición se elevará al Director, a pesar de que esta acción no presente una vinculación fuerte con el problema analizado.

Fase 5: Planificación de la solución

Para planificar las actividades de formación, el equipo no aplica ninguna técnica de mejora, pero decide establecer un plan que incluya cursos específicos de cada puesto de trabajo y cursos de calidad. La propuesta para el Director es que la empresa asuma los costes y que se impartan fuera de la jornada laboral. Posteriormente será necesario valorar la eficacia de la formación recibida.

Las fases 6 —Implantación de la solución— y 7 —Evaluación de la solución— quedarían implícitas en lo mencionado anteriormente.

Como puede apreciarse a lo largo de este ejercicio, para su resolución final ha sido imprescindible el trabajo en equipo, pues cada persona ha ido aportando información que otras desconocían y de esta manera se ha llegado a la causa raíz. Esto es algo que no sucedió en el ejercicio 5.1.

Capítulo 6
TÉCNICAS DE MEJORA DE DISEÑO

INTRODUCCIÓN

Si en los capítulos anteriores se han analizado diversas herramientas genéricas, en el presente, se estudian otras más avanzadas y de aplicación más concreta; bajo todas ellas subyace la idea de la prevención y ofrecen un enfoque técnico. Aunque han surgido hace varias décadas, su uso progresivo en la industria y los servicios hace que se encuentren de máxima actualidad.

Las técnicas expuestas a continuación son de interés especial en el diseño de productos, sin embargo algunas de ellas también son de aplicación en el diseño de servicios y procesos, como el AMFEC o el QFD; no obstante, se han introducido en este capítulo por su interés en la fase de concepción del producto, bien porque facilitan la reducción de los riesgos o la satisfacción de las expectativas de los clientes. Junto a las dos mencionadas se muestran las características de la Función de Pérdida de Taguchi, el Análisis del Valor y el DFMA.

6.1. ANÁLISIS MODAL DE FALLOS, EFECTOS Y CRITICIDADES (AMFEC)

A) Concepto

El AMFEC (Análisis Modal de Fallos, Efectos y Criticidades) o FMECA —Failure Modo, Effects and Criticality Analysis— es un método analítico que permite evaluar, durante la fase de diseño de un producto, servicio o proceso, la probabilidad de ocurrencia de un fallo, la gravedad del mismo y la posibilidad de su detección. En un AMFEC de diseño se sintetizan los conocimientos de los especialistas, dirigidos a la identificación de los puntos débiles de un producto.

Del AMFEC de diseño se puede obtener una información valiosa para definir y posteriormente dar prioridad a las características que podrían necesitar controles especiales en el producto, servicio o proceso; y es de utilidad tanto en el diseño de nuevos productos/servicios/procesos como en modificaciones importantes de los mismos (utilización de nuevos materiales, nuevos usos, etc.).

Este método se desarrolla en la década de los 50 y es utilizado por primera vez por la NASA en el proyecto Apolo, y después se introduce en industrias tales

como: la aeronáutica, la nuclear, la electrónica y la de automoción. En este último sector, las tres grandes compañías norteamericanas, Ford, Chrysler y General Motors exigen a sus proveedores el empleo de esta técnica, pues es uno de los requisitos contemplados en la norma QS 9000, el referencial que define el sistema de calidad que han de cumplir todos sus suministradores de primer nivel; algo similar ocurre en la industria alemana del automóvil (Pfeifer y Torres, 1999). En 1979, el Departamento de Defensa de EE.UU. elabora la norma MIL-STD-1629 «Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis» que describe la metodología a seguir y en 1984 edita una segunda versión.

B) Desarrollo

Para aplicar esta metodología es necesario conocer en profundidad el producto a analizar, así como sus componentes y las *funciones* que realizan. La puesta en práctica de esta técnica consiste en evaluar tres aspectos:

- Condiciones operativas y fallo más probable.
- Efecto del fallo.
- Gravedad del fallo.

En consecuencia, los pasos a desarrollar son los siguientes:

- a) *Identificación de los componentes del producto y de las funciones que lleva a cabo cada uno de ellos.* Por ejemplo, unas gafas de sol presentan las siguientes características:

Producto	Componentes	Funciones
Gafas de sol	Estructura	Sostener cristales
	Cristales	Disminuir la intensidad luminosa
	Patillas	Retener la estructura en el rostro
	Bisagras	Proporcionar flexibilidad
	Tornillos	Sujetar bisagras

- b) *Identificación de los modos de fallo de cada uno de los componentes, considerando la función que realizan.*

Producto	Componentes	Función	Modos de fallo
Gafas de sol	Estructura	Sostener cristales	Rotura
	Cristales	Disminuir la intensidad luminosa	Penetración de rayos luminosos
	Patillas	Retener la estructura en el rostro	Rigidez excesiva
	Bisagras	Proporcionar flexibilidad	Holgura insuficiente
	Tornillos	Sujetar bisagras	Pérdida

- c) *Determinación de los efectos que los fallos supondrían para el cliente*
Para encontrar estos *efectos* a veces es necesario recurrir a análisis físicos o modelos matemáticos si la complejidad del producto es alta.

Producto	Componentes	Función	Modo de Fallo	Efecto
Gafas de sol	Estructura	Sostener cristales	Rotura	Insatisfacción del cliente
	Cristales	Disminuir la intensidad luminosa	Penetración de rayos luminosos	Mala visión
	Patillas	Retener la estructura en el rostro	Rigidez excesiva	Incomodidad
	Bisagras	Proporcionar flexibilidad	Holgura insuficiente	Incomodidad
	Tornillos	Sujetar bisagras	Pérdida	Inutilización de las gafas

- d) *Identificación de las posibles causas que son susceptibles de provocar los efectos.*

Producto	Componentes	Función	Modo de fallo	Efecto	Causa
Gafas de sol	Estructura	Sostener cristales	Rotura	Insatisfacción del cliente	Tensión del material
	Cristales	Disminuir la intensidad luminosa	Penetración de rayos luminosos	Mala visión	Tonalidad del cristal insuficiente
	Patillas	Retener la estructura en el rostro	Rigidez excesiva	Incomodidad	Material inadecuado
	Bisagras	Proporcionar flexibilidad	Holgura insuficiente	Incomodidad	Tamaño inadecuado
	Tornillos	Sujetar bisagras	Pérdida	Inutilización de las gafas	Mal ajuste

e) *Identificación de los sistemas de control establecidos para evitar que se originen las causas de los fallos.*

Producto	Componentes	Función	Modo de fallo	Efecto	Causa	Control
Gafas de sol	Estructura	Sostener	Rotura cristales	Insatisfacción del cliente	Tensión del material	Ninguno
	Cristales	Disminuir la intensidad luminosa	Penetración de rayos luminosos	Mala visión del cristal	Tonalidad insuficiente	Inspección
	Patillas	Retener la estructura en el rostro	Rigidez excesiva	Incomodidad	Material inadecuado	Inspección
	Bisagras	Proporcionar flexibilidad	Holgura insuficiente	Incomodidad	Tamaño inadecuado	Visual
	Tornillos	Sujetar bisagras	Pérdida	Inutilización de las gafas	Mal ajuste	Muestreo visual

f) *Definición de los índices para evaluar cada uno de los modos de fallo:*

- *Índice de ocurrencia (O)* o probabilidad de fallo: es la probabilidad de que suceda el fallo debido a las causas establecidas. Se puede definir una escala, como por ejemplo del 1 al 10, en la que se asigna a cada valor la posibilidad de que el fallo se produzca, según unos criterios definidos previamente.

Esta escala debe ser coherente con los otros dos índices que se van a mencionar a continuación y mantenerse uniforme; con ello, a los tres parámetros se les concede la misma importancia. Por ejemplo:

Criterio	Índice
Casi improbable	1 - 2
Baja probabilidad	3 - 4
Probable	5 - 6
Alta probabilidad	7 - 8
Casi con certeza	9 - 10

- *Índice de gravedad (G)*: es el índice que señala la importancia del efecto en el caso de que ocurra el fallo. También es posible establecer una escala del 1 al 10 para evaluar la gravedad mediante un criterio previamente establecido. Por ejemplo:

Criterio	Índice
Muy leve (casi imperceptible)	1 - 2
Leve	3 - 4
Gravedad moderada	5 - 6
Gravedad alta	7 - 8
Muy grave	9 - 10

- *Índice de detección (D)*: indica la posibilidad de detectar el fallo en los controles establecidos. Se define la escala del 1 al 10, asignando valores según criterios previamente establecidos. Por ejemplo:

Criterio	Índice
Casi improbable que los controles no detecten el fallo	1 – 2
Probabilidad baja de no detección	3 – 4
Probabilidad media	5 – 6
Probabilidad alta de no detección	7 – 8
Probabilidad muy alta de no detectar el fallo	9 – 10

- g) *Cálculo de un coeficiente denominado Índice de Prioridad de Riesgos (IPR) o índice de criticidad, resultante de multiplicar los tres índices. Se halla para cada uno de los fallos potenciales.*

$$IPR = O * G * D$$

Producto	Componentes	Función	Modo de fallo	Efecto	Causa	Control	Índices			
							O	G	D	IPR
Gafas de sol	Estructura	Sostener cristales	Rotura	Insatisfacción del cliente	Tensión del material	Ninguno	2	2	10	40
	Cristales	Disminuir la intensidad luminosa	Penetración de rayos luminosos	Mala visión	Tonalidad del cristal insuficiente	Inspección	1	7	2	14
	Patillas	Retener la estructura en el rostro	Rigidez excesiva	Incomodidad	Material inadecuado	Inspección	1	2	1	2
	Bisagras	Proporcionar flexibilidad	Holgura insuficiente	Incomodidad inadecuado	Tamaño	Visual	2	3	5	30
	Tornillos	Sujetar bisagras	Pérdida	Inutilización de las gafas	Mal ajuste	Muestreo visual	2	3	7	42

En función del resultado obtenido, y teniendo en cuenta que el valor del coeficiente $O * G * D$ oscila entre 1 y 1000, se obtiene una lista de los posibles fallos de un producto/servicio/proceso y las causas que los motivarían, pudiendo establecerse acciones preventivas —en los casos de valores altos del producto $O * G * D$ — en la fase de diseño para evitar que esto se produzca.

C) Análisis

Como ya se ha mencionado el AMFEC es una técnica habitual en los sectores donde la seguridad del producto es fundamental, como el aeroespacial, el de automoción y los involucrados con el diseño y fabricación de aparatos médicos, entre otros.

Aunque su aplicación requiere de un profundo conocimiento del producto o proceso, se han desarrollado diversas aplicaciones informáticas que facilitan los cálculos.

6.2. DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN CALIDAD (QFD)

A) Concepto

El Despliegue de la Función Calidad (QFD: Quality Function Deployment) o la Casa de la Calidad es un procedimiento estructurado y disciplinado que proporciona un medio para trasladar la voz del cliente a requisitos del servicio o del producto mediante una serie de etapas en las que intervienen todos los departamentos implicados en la empresa.

Con el QFD se logra que los deseos del cliente se mantengan presentes a lo largo de todo el ciclo productivo: planificación, diseño, fabricación, montaje, distribución y servicio.

Este método fue concebido por Yoji Akao y comenzó a aplicarse en Japón en la década de los 70, posteriormente se extendió por las compañías de Estados Unidos y de Europa en los 80. Akao define el QFD como despliegue de la calidad, la tecnología, el coste y la fiabilidad. En ello, se distinguen dos aspectos fundamentales:

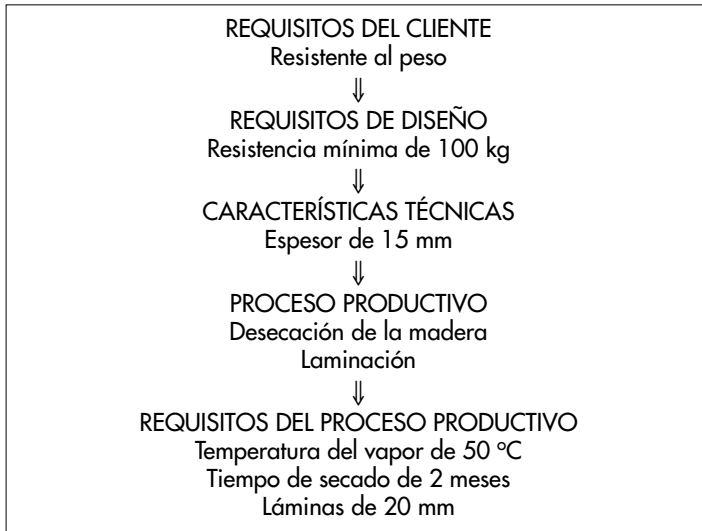
- Despliegue de calidad, que transforma los requisitos del cliente en características técnicas y establece la calidad de diseño de un producto final. Las relaciones se despliegan sistemáticamente, empezando por la calidad de cada componente, y profundizando en su calidad y en la del proceso.
- Calidad funcional, definida como la responsabilidad de la empresa a través de la cual se consigue la aptitud de uso del producto o servicio (calidad desde el punto de vista del cliente), que enlaza con los principios establecidos por Juran.

Los conceptos que se van desglosando en este método son los siguientes:

1. Necesidades y expectativas del cliente.
2. Requisitos de diseño: son el conjunto de condiciones que configuran la calidad de aspectos concretos de un producto o servicio.
3. Características técnicas del producto o servicio: son los atributos que describen en detalle los requisitos que ha que cumplir un producto o servicio. Se describen en el lenguaje de la empresa.

- 4. Proceso de producción o de prestación del servicio: son las operaciones propias realizadas durante la fabricación o el desarrollo de un servicio.
- 5. Requisitos del proceso productivo: son las condiciones exactas bajo las cuales se debe desarrollar el proceso.

Por ejemplo: una balda de madera.



Para pasar de los requisitos del cliente a las características técnicas a veces es necesario realizar un desglose en varios niveles que incrementan sucesivamente el grado de detalle de los requisitos. Por ejemplo: el servicio telefónico de la centralita de una empresa.

Requisitos del cliente	DESGLOSE			Características técnicas
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	
Contactar de forma rápida con la empresa	Contacto rápido	Contacto directo		Contactar antes de la llamada de la 3.ª señal
		Contacto con información digitalizada	El sistema funciona en la 3.ª señal de llamada	El sistema comienza a informar en la 3.ª señal de llamada
			Contacto a través de contestador automático	El contestador responde durante la 4.ª señal de llamada

A través de este desglose la empresa puede establecer criterios para valorar el cumplimiento de las características técnicas. A continuación se muestran para el ejemplo anterior los criterios que podrían establecerse para evaluar los aspectos mencionados.

Requisitos del cliente	Desglose			Características técnicas	Criterios de valoración		
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3		Crítico	Grave	Leve
Contactar de forma rápida con la empresa	Contacto rápido	Contacto directo		Contactar antes de la 3.ª señal de la llamada		Más de 3 señales de llamada	
		Contacto con información digitalizada	El sistema funciona	El sistema comienza a informar en la 3.ª señal de llamada		Más de 5 señales de llamada	4 señales de llamada
			Contacto a través de contestador automático	El contestador responde durante la 4.ª señal de llamada	Más de 6 señales de llamada	6 señales de llamada	5 señales de llamada

B) Desarrollo

Los anteriores conceptos se representan mediante matrices que muestran toda la información de un modo que permite observar fácilmente las interrelaciones entre todos los aspectos involucrados; constituyen también un medio de comunicación y un registro para otras personas que necesiten información aunque no participen directamente en el proceso de despliegue.

El desarrollo de la matriz que representa el conjunto del QFD requiere realizar los siguientes pasos:

- Identificación de los requisitos del cliente*. Suelen ser generales y es lo «QUE» quiere el cliente, es decir, los objetivos finales para los que trabaja la empresa. El eje central del QFD es conceder la importancia debida a la voz de los clientes, por lo que es necesario averiguar lo que desean; para abordar esta cuestión se pueden realizar encuestas o estudios estructurados (por ejemplo, el método Delphi) en los que se muestran sistemáticamente conceptos a expertos o público en general del mercado objetivo. También es conveniente considerar la opinión de los clientes internos (fabricación, ventas o servicio técnico, entre otros), pues también éstos se benefician de un buen diseño (fabricación más sencilla, incremento de ventas, menor número de reparaciones, etc.).
- Identificación de las características técnicas*. Se expresan los medios que utiliza la empresa para satisfacer los objetivos anteriores, es decir el «CÓMO». Una vez detallados los requisitos del cliente, se transforman en características de calidad y, de esta manera, la empresa puede planificar el proceso, identificar los puntos críticos y lograr las características deseadas.

- c) *Determinación de la matriz de relaciones.* Muestra la magnitud de la relación entre los «QUÉ» y los «CÓMO», es decir, la vinculación de los deseos del cliente con los requisitos del proceso; las correlaciones entre ambos tipos de conceptos se valoran de «fuerte» a «débil».
- d) *Evaluación competitiva.* Se refleja la valoración que hace el cliente de cada uno de los requisitos que pide frente a nuestro producto y a los de la competencia.
- e) *Evaluación de la competencia.* Es la valoración nuestra frente a la competencia de las características técnicas del producto, para averiguar los puntos en los que es preciso mejorar.
- f) *Ventajas percibidas.* Son los aspectos en los que nuestros clientes han percibido que somos los mejores, y la empresa puede usarlo como reclamo para sus productos.
- g) *Objetivos de diseño.* Son las características técnicas de nuestro proceso en las que es necesario mejorar pues la competencia es mejor.
- h) *Matriz de correlación.* Muestra la relación entre las características técnicas, positiva —si al mejorar una característica mejora otra de ellas— o negativa —si al mejorar alguna característica empeora otra.

En la figura 6.1 se detalla todo este proceso gráficamente.

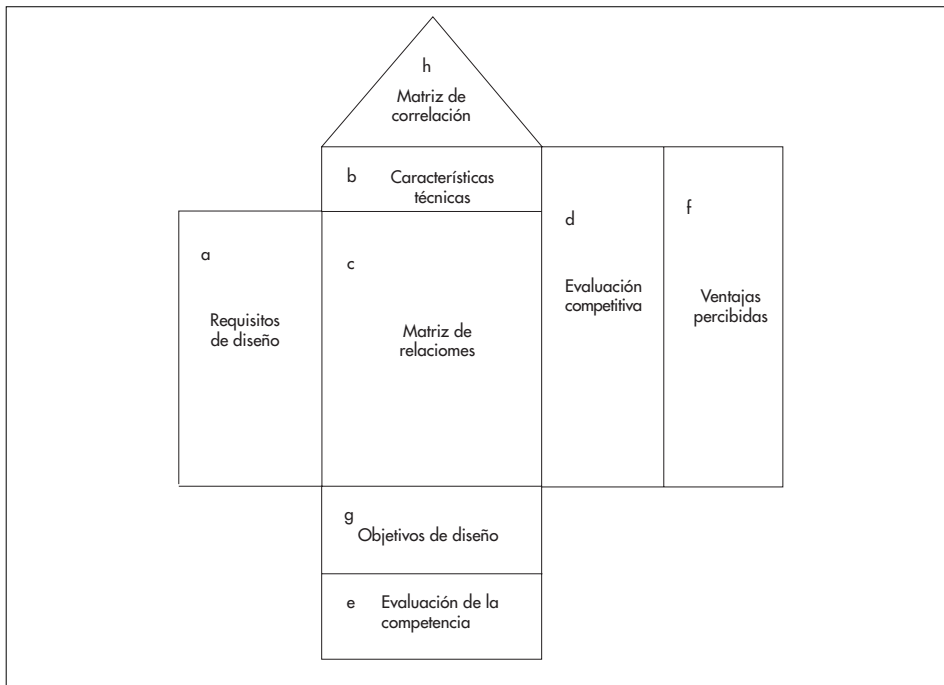


FIGURA 6.1. La casa de la calidad.

C) Análisis

En consecuencia, la base de la matriz QFD la conforman los puntos de vista de los clientes, los niveles de la competencia y los criterios de diseño. De esta manera, puede definirse una especificación técnica y planificar el proceso, siguiendo, además, la teoría de Juran.

Las escalas de las ponderaciones usadas en esta técnica por las empresas son diversas, y se emplean tanto las cualitativas como las cuantitativas, por lo que no siempre es posible comparar los resultados de estudios llevados a cabo por diferentes compañías; no obstante, esto no debe entenderse como una limitación del método, pues está concebido para una utilidad interna.

6.3. FUNCIÓN DE PÉRDIDA DE TAGUCHI

A) Concepto

El ingeniero japonés Genichi Taguchi, cuya carrera profesional se desarrolla en la administración e industria japonesas y al que se le han concedido cuatro premios Deming, ha desarrollado una metodología para la optimización del diseño, que entre otros conceptos, se basa en la Función Cuadrática de Pérdidas.

La Función Cuadrática de Pérdidas contempla las pérdidas ocasionadas a la sociedad por un producto desde el momento de su concepción, es decir, abarca no solamente el coste que le ocasiona a la empresa el hecho de fabricar un producto defectuoso, sino también al cliente que lo adquiere. Asigna un valor a las características de calidad, considerando el máximo valor posible y le asocia con las desviaciones producidas mediante una función cuadrática. Esta pérdida se minimiza si se optimiza el nivel de calidad de un producto.

Por medio de la función cuadrática se cuantifican todas las mejoras en términos de ahorros de coste y se expresa el grado en el que no se ha satisfecho el diseño. En la figura 6.2 se representa esta función y para ello se ha empleado la siguiente notación:

T: Valor objetivo para la característica de calidad dada.

S: Tolerancia definida.

K: Coste mínimo que ocasiona a la sociedad.

C: Coeficiente del coste.

L: Pérdida económica (loss).

X: Característica de calidad.

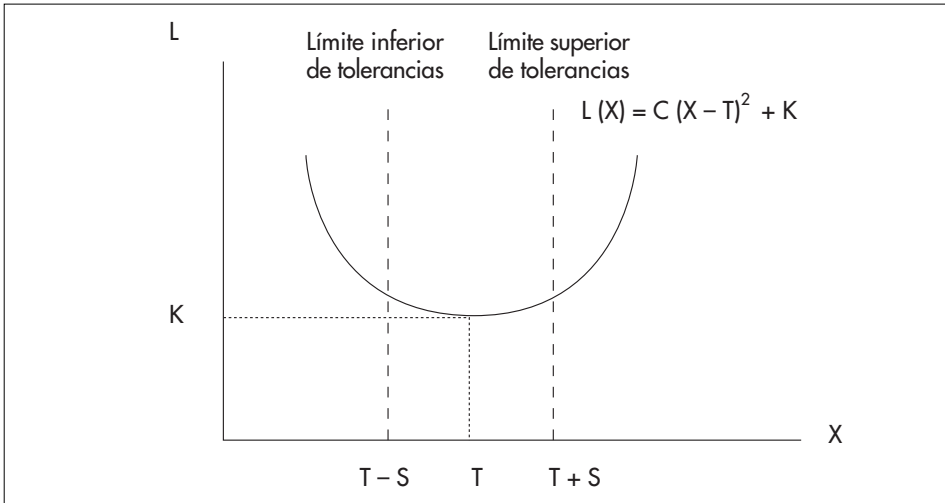


FIGURA 6.2. Función cuadrática de Taguchi.

B) Desarrollo

En función de la característica de calidad que se desee medir, es posible considerar tres supuestos:

— *Nominal es mejor:*

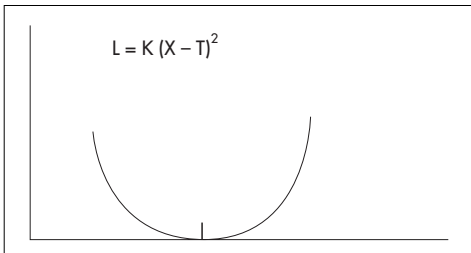


FIGURA 6.3. Nominal es mejor.

«Nominal es mejor» significa que para que la característica a medir ocasione las pérdidas mínimas ha de poseer un valor concreto.

Por ejemplo, en el caso de las tolerancias —diámetros, longitudes, espesores—, de la temperatura o de la presión, entre otras magnitudes.

— *Mayor es mejor:*

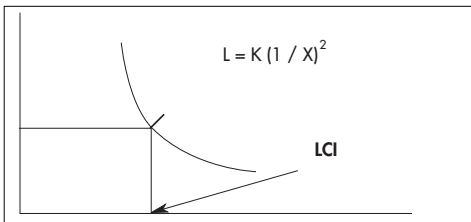
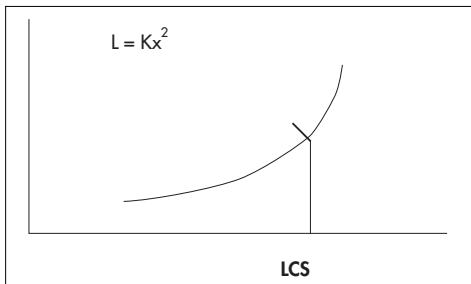


FIGURA 6.4. Mayor es mejor.

Esta situación se presenta cuando el valor ha de ser superior a un límite de control inferior (LCI) y el mejor valor sería infinito.

Por ejemplo, para medir rendimientos, fiabilidad, duración, entre otras variables.

— *Menor es mejor:*



Sucede cuando existe un límite de control superior (LCS) que es el máximo permitido y el objetivo es que el valor se aproxime a cero.

Por ejemplo, cuando la característica es el consumo de materia prima, el consumo de energía, el desgaste de una herramienta, entre otros.

FIGURA 6.5. Menor es mejor.

C) Análisis

La concepción de la calidad de Taguchi entendida como las pérdidas mínimas que ocasiona un producto enlaza con la idea de la protección medioambiental y de la seguridad del producto referida al consumidor final y a los trabajadores. Parece coherente, dentro de este concepto, la inclusión de las pérdidas de energía o de materia prima.

Esta técnica ha sido empleada por numerosas empresas japonesas y de ellas se ha extendido su uso a Occidente, fundamentalmente en el sector de automoción.

6.4. ANÁLISIS DEL VALOR

A) Concepto

El Análisis del Valor es una técnica que se emplea durante la fase de rediseño de productos, y se considera también la óptica del cliente, es decir, se tiene en cuenta si el cliente va a emplear mejor el producto o si va a apreciar más algunas de sus características. Para ello, estudia las funciones que realiza el producto y el coste de cada una de ellas, con el objeto de optimizar la relación Función/Coste, de forma que los costes que no añaden valor al producto queden eliminados.

Se distinguen cuatro tipos de valor:

- *Valor de realización:* es un valor negativo pues está integrado por todos los costes asignados a la fabricación de un producto.
- *Valor de uso:* es un valor positivo y responde a las características de un producto que hacen que sea adecuado para una aplicación determinada.
- *Valor de estima:* es un valor positivo que está vinculado con cualidades del producto que hacen que sea más atractivo para el cliente.

- *Valor de cambio*: es un valor positivo que está relacionado con la posibilidad que tiene un producto de ser permutado por otro.

En el ámbito europeo se ha desarrollado la norma UNE-EN 1325-1 sobre la terminología de esta técnica. Sus orígenes se remontan a 1947, cuando la General Electric Company y en concreto el ingeniero eléctrico Lawrence D. Miles, encuentra una metodología que permite reducir costes sin disminuir la producción. Miles denomina a esta técnica «Análisis Funcional», posteriormente es renombrada como «Ingeniería de Valor» dentro del ámbito de la Administración estadounidense donde se aplica y finalmente el almirante Leggett cuando decide incorporarla dentro de la marina de Estados Unidos, la denomina «Análisis del Valor». El uso del Análisis de Valor se extiende en la década de los 50 en las compañías norteamericanas y una década después se introduce en Japón, donde en 1985 a Miles se le concede la más alta condecoración de ese país, como reconocimiento a la aportación de su método a la industria japonesa.

B) Desarrollo

Para llevar a cabo un Análisis de Valor se suelen desarrollar ocho fases, que como señala Fowler (1990) son: preparación, información, análisis, creatividad, síntesis, desarrollo, presentación y seguimiento.

- a) *Fase de preparación*. En ella se elige a los integrantes del equipo de trabajo, el producto a analizar y se recopilan los datos técnicos y de costes del producto. El equipo ha de ser multidisciplinar, constituido por miembros de todos los departamentos, aún en las empresas donde exista un departamento de Análisis de Valor; en este caso este componente puede realizar la labor de coordinación, pero para llevar a cabo su misión requiere de los conocimientos específicos del resto del personal.

En cuanto a la selección del producto, los criterios a seguir pueden ser diversos, no obstante, algunos de los más utilizados son: la aparición de nuevos materiales, la implantación de nuevas tecnologías, el volumen de fabricación, el coste... Para su elección definitiva puede emplearse el Diagrama de Pareto.

El desarrollo de esta herramienta se va a realizar con la elección del producto «silla de oficina».

- b) *Fase de información*. Una vez seleccionado el equipo se deben establecer las bases formales que van a regir las reuniones (periodicidad, duración...) y se les informa sobre las metas a alcanzar. A continuación se inicia la definición de la función, que se expresa en términos de *verbo+sustantivo*, igual que en la técnica AMFEC (por ejemplo, proteger conexiones).

En primera instancia, se listan alrededor de 50 definiciones de funciones, de las cuales es preciso distinguir entre la básica, la primaria y las secunda-

rias, aunque también pueden existir otras de orden terciario y así sucesivamente; cada una de estas funciones responde a diferentes cuestiones:

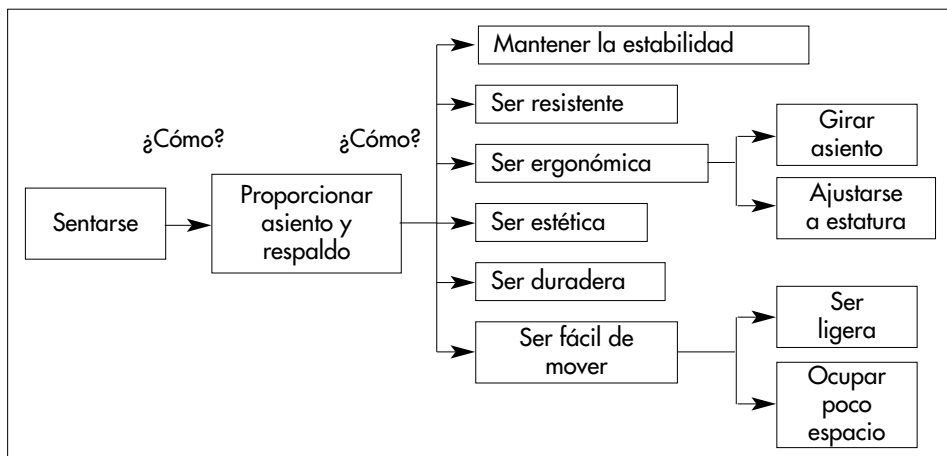
La función básica: es aquella que representa la misión del producto y responde a la pregunta *¿para qué sirve este producto?*

La función primaria: señala la forma en la que se alcanza la función básica, por tanto ha de responder a *¿cómo se logra la misión del producto?*, con lo que se asocia directamente a las características técnicas del funcionamiento del producto.

Las funciones secundarias: son aquellas que bien son necesarias para realizar la básica o bien pueden ser irrelevantes; en principio contestan a cuestiones del tipo *¿qué le pido al producto además de su misión?*

Producto	Función básica	Función primaria	Funciones secundarias
Silla de oficina	Sentarse	Proporcionar asiento y respaldo individual	<ul style="list-style-type: none"> - Mantener la estabilidad - Ser resistente - Ser ergonómica - Ser ligera - Ser estética - Ser fácil de mover - Ocupar poco espacio - Permitir el giro de asiento - Ajustarse a la estatura del usuario - Ser duradera

Para conocer las relaciones entre las funciones es útil realizar un Diagrama de Árbol:



Al estructurar las relaciones, algunas de ellas han pasado al rango de terciarias, pues por ejemplo, para que la silla sea ergonómica, ha de girar el asiento y ha de ajustarse a la estatura; a su vez, para que sea fácil de mover ha de ser ligera y ocupar poco espacio.

c) *Fase de análisis*. En ella se evalúan las relaciones función-coste, con el objeto de valorar si tales relaciones son altas, bajas o inexistentes. Para ello es imprescindible asignar el coste correspondiente a cada función por lo que es preciso conocer los componentes, sus materiales y fases de fabricación y montaje que requieren.

Por ejemplo:

Lista de componentes:

- Respaldo.
- Seis ruedas.
- Asiento.
- Regulador de la altura del asiento.
- Regulador de la posición del respaldo.
- Estructura de unión asiento-ruedas.
- Doce tornillos de unión estructura-ruedas.
- Dos tornillos de unión regulador-respaldo y regulador-asiento.

Además es de vital importancia determinar el porcentaje con el que cada componente contribuye a la realización de todas las funciones, con excepción de la función básica, pues para alcanzar ésta es necesario llevar a cabo todas las demás. Así, se obtienen los siguientes datos:

		Componentes							
		Respaldo	Ruedas	Asiento	Regulador asiento	Regulador respaldo	Estructura	Tornillos ruedas	Tornillos reguladores
Funciones	Proporcionar asiento y respaldo	40%		40%			20%		
	Mantener estabilidad		20%				50%	20%	10%
	Ser resistente						10%		
	Ser ergonómica	40%	30%		20%	20%			10%
	Ser estética	5%		5%					
	Ser duradera						10%		
	Ser fácil de mover		50%					80%	
	Girar asiento			10%	80%				40%
	Ajustarse a estatura	10%					80%		40%
	Ser ligera						10%		
	Ocupar poco espacio	5%		5%					

Luego la función «mantener estabilidad» presenta las siguientes características:

Producto: silla de oficina									
Función: mantener estabilidad									
Componentes						Coste por función			
	Material	Fabricación	Montaje	Total	Asignación	Material	Fabricación	Montaje	Total
Ruedas (6)	60	72	36	168	20%	12	14,4	7,2	33,6
Estructura	400	200	300	900	50%	200	100	150	450
Tornillos ruedas (12)	18	36	48	102	20%	3,6	7,2	9,6	20,4
Tornillos reguladores (2)	60	100	120	280	10%	6	10	12	28
Coste total por función						221,6	131,6	178,8	532
Coste total por función / Coste total (en %)						4,9	2,9	3,9	11,7

(Los datos de la última fila, correspondientes al cociente entre el coste total y el coste total por función, se han calculado en el supuesto de que el coste de la silla sea de 4500 unidades monetarias —u.m.—).

Este porcentaje habría que hallarlo para cada función y de esa manera se tendrían recopilados todos los datos representativos de las funciones en relación a los costes.

- d) *Fase de creatividad*. Este paso se focaliza en la función con el objeto de alcanzar los mejores resultados posibles. El fin es no olvidar ninguna función importante para el cliente o para el funcionamiento del producto.

Para su desarrollo es útil el empleo del Brainstorming, técnica que se analizó en el capítulo 4.

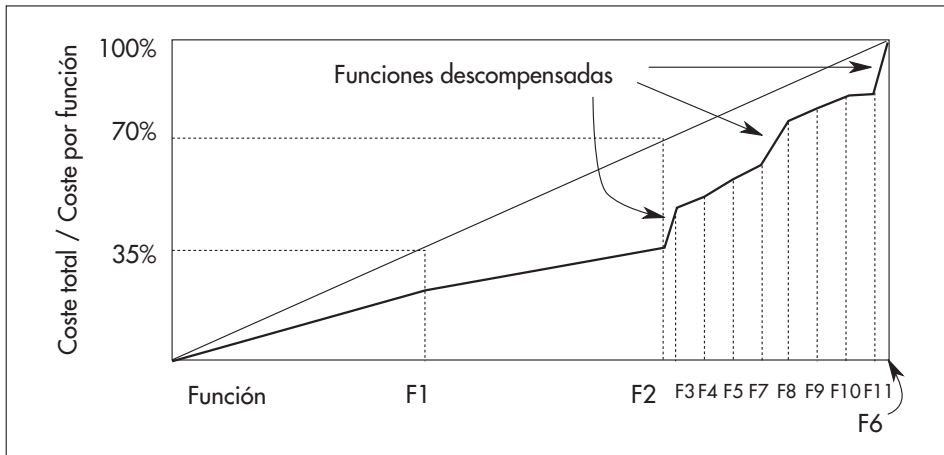
- e) *Fase de síntesis*. Como lo habitual es que se hayan generado una gran cantidad de ideas, es preciso proceder a su agrupación. De las funciones enumeradas en la silla de oficina es posible ligar en una sola «ser ergonómica» y «ajustarse a la estatura», dejando como válida la primera de ellas. Con los datos proporcionados en la fase de análisis se facilita la realización de este paso. En cualquier caso, esta fase y la de creatividad pueden efectuarse con antelación a la de análisis, con el objeto de trabajar únicamente con las funciones aceptadas por el grupo; a este respecto, las empresas que emplean el Análisis de Valor contemplan ambas posibilidades.

- f) *Fase de desarrollo*. En este paso se cuantifica todo el trabajo anterior, pero para llevarlo a cabo, previamente es necesario establecer los criterios que permitan juzgar las alternativas que surjan; estos criterios pue-

den ser cuantitativos o cualitativos, y en este último caso se recurre a la ponderación. La necesidad de llevar a cabo este paso se justifica porque con independencia de la reducción de costes lo habitual es fijar otros objetivos *a priori*, como pueden ser: la reducción de algún componente, la disminución del peso o el cambio de la forma, en función de aquellos que incorporen mayor valor. Es preciso recordar que esta técnica se aplica al rediseño, por tanto se deben fijar prioridades, pues además cabe la posibilidad de que algunos de los objetivos sean contradictorios.

En definitiva, una vez cuantificados los datos en su totalidad y seleccionados los criterios, se determina sobre qué funciones se va a actuar y se proponen posibles soluciones.

Para tomar la decisión relativa a las funciones sobre las que se va a actuar se realiza una curva que representa en el eje de ordenadas el porcentaje del coste total partido el coste total por función obtenido en la fase de análisis y en el eje de abscisas las funciones. Se toma una escala de 0 a 100 en el eje de ordenadas y en el eje de abscisas se ubican la función primaria aproximadamente en el tramo correspondiente al 35% de la escala total tomada, la función secundaria que esté más directamente relacionada con la primaria por su proyección técnica (la que realmente es vital para lograr la primaria) en el tramo correspondiente al 70% y la función secundaria o terciaria menos relevante en el punto del 100%; el resto se ubican de forma proporcional entre el 70 y el 100%.



Las funciones representadas son las siguientes:

- F1: Proporcionar asiento y respaldo.
- F2: Mantener la estabilidad.
- F3: Ser resistente.
- F4: Ser ergonómica.
- F5: Ser estética.

- F6: Ser duradera.
- F7: Ser fácil de mover.
- F8: Girar asiento.
- F9: Ajustarse a estatura.
- F10: Ocupar poco espacio.

En el ejemplo mostrado, una vez tomada la escala, se traza una diagonal desde el origen de coordenadas hasta su punto opuesto del gráfico; a continuación se van marcando las cifras relativas a los costes de cada función, pero de forma acumulativa, es decir, el coste que representa la función F2 es el asignado a F1+F2. Una vez que se han marcado todos los puntos de los costes, se unen y se comparan estas rectas con la diagonal inicial. Las funciones asociadas con tramos de mayor pendiente se consideran descompensadas y son las susceptibles de modificaciones. En el caso de la silla de oficina, las funciones descompensadas son F3, F8 y F6. Por lo tanto, habría que estudiar los componentes involucrados en estas funciones, para determinar si es posible reducir el coste, mediante la sustitución de alguna pieza, cambiando de materiales o modificando el sistema productivo, entre otras medidas.

- g) *Fase de presentación.* En ella se indican los procesos o departamentos afectados por los cambios que es preciso introducir en el producto y las acciones recomendadas, indicando el ahorro de costes que conllevarían. Para llevarla a cabo se emplean los métodos habituales de comunicación intraempresarial.
- h) *Fase de seguimiento.* Su finalidad es asegurar la implantación de la solución aceptada.

C) Análisis

La utilidad de esta herramienta ha sido puesta de manifiesto en diversas compañías que han obtenido una extraordinaria reducción de costes. Aunque tradicionalmente, se ha utilizado con mayor profusión fuera de Europa, actualmente la están empleando compañías del sector de automoción, entre otras, con resultados excelentes.

Su clara vinculación con la calidad, al permitir analizar las funciones que requieren los clientes así como todos los procesos del sistema productivo, hace de ella una poderosa herramienta de mejora.

6.5. DFMA

A) Concepto

DFMA (Design for Manufacture and Assembly —Diseño para Fabricación y Montaje—) es una técnica que cuyo objetivo es facilitar la fabricación o el

montaje mediante la reducción del número de componentes que integran una pieza, el cambio de ubicación de algunas piezas o la utilización de materiales que permitan realizar operaciones (moldeo, embutición, doblado, entre otras) de forma más sencilla.

Aunque actualmente, lo habitual es encontrar la denominación genérica de DFMA, en un principio se diferenció el DFM y el DFA, en función de si el estudio a realizar estaba destinado a la fabricación o al montaje, respectivamente.

Algunas empresas han desarrollado variantes del DFMA, pero su desarrollo original se debe a Geoffrey Boothroyd y a Peter Dewhurst, profesores de la Universidad de Rhode Island; ambos han elaborado el método y el software asociado para llevar a la práctica esta técnica.

Existen unas reglas generales para hacer más efectiva esta técnica, recomendadas por los diversos usuarios del DFMA, que son las siguientes (Hartley, 1994):

- Uso de un número mínimo de piezas.
- Diseño modular.
- Minimización de las variaciones en las piezas.
- Ensamblaje en último lugar de las piezas poco estandarizadas, cuando la variedad sea inevitable.
- Diseño de piezas multifuncionales.
- Diseño para una fabricación fácil.
- Eliminación de las piezas de afianzamiento separadas.
- Minimización de las direcciones de ensamble diferentes, de modo que cada operación siga a la previa de forma natural.
- Diseño para un ensamble fácil.
- Minimización de las operaciones de manipulación.
- Eliminación o simplificación de los ajustes de las máquinas.
- Eliminación del uso de componentes realizados con materiales flexibles.

El principio consiste en que el sistema analiza una operación desde varias perspectivas y evalúa la facilidad de ensamble o fabricación. Como regla general, un buen ensamble ha de tener pocos componentes, puesto que así requiere de un tiempo menor de instalación y es casi improbable que se realice incorrectamente o que el producto falle durante la fase de prestación del servicio.

A su vez, al requerir menos componentes, el ensamble es inherentemente más fiable y más fácil de reparar si se produce un fallo. También se reduce el trabajo en proceso, y como consecuencia los almacenes —en recepción, de productos intermedios y de piezas de repuesto— requieren de menor espacio, a la vez que se simplifica su gestión, pues el número de piezas distintas que han de mantener se reduce. Como consecuencia de todo lo anterior, los cos-

tes generales disminuyen ya que se expide menos documentación, por lo que la gestión de la configuración es más sencilla.

B) Desarrollo

El DFMA de Boothroyd y Dewhurst (Boothroyd, Dewhurst y Knight, 1994) analiza la estructura de un producto y estima su coste y tiempo de ensamble. Cada componente se evalúa de 0 a 9 en función de la facilidad con la que se sujeta y orienta; así como por su espesor y tamaño. A partir de estos valores se determinan los tiempos estándares y a continuación se intenta simplificar el ensamble eliminando piezas; para ello se cuestiona sobre cada pieza:

- ¿Se mueve en relación a otras piezas?
- ¿Es preciso que su material sea diferente al de otras piezas?
- ¿Se precisa que sea un componente individual o podría combinarse con otro componente sin perder funcionalidad?

En definitiva, si la pieza no requiere de un movimiento distinto al de otras a las que está conectada, ni un material diferente, es posible plantearse la opción de fabricar un componente único que integre todas ellas.

A continuación se muestra el formato para aplicar el método de Boothroyd y Dewhurst:

TABLA 6.1. DFMA.

			Después del ensamble no requiere sujeción para mantener la orientación y la localización			
			Fácil de orientar y posicionar durante el ensamble		Difícil de orientar y posicionar durante el ensamble	
			Sin resistencia a la inserción	Resistencia a la inserción	Sin resistencia a la inserción	Resistencia a la inserción
			0	1	2	3
Adición de una pieza	Pieza y herramienta asociada pueden alcanzar la localización deseada		0			
	Pieza y herramienta asociada no pueden alcanzar la localización deseada	Debido a acceso obstruido o visión restringida	1			
		Debido a acceso obstruido o visión restringida	2			

C) Análisis

En definitiva, el DFMA ayuda a reducir los costes y la cantidad de piezas, lo que reduce los costes de todos los departamentos, desde el de Compras hasta los repuestos de piezas; sin embargo difícilmente tiene un éxito completo cuando se utiliza por un grupo de trabajo en un entorno de Ingeniería Concurrente (véase el capítulo 7).

Algunas de las empresas que han empleado este método son: Xerox en el pestillo de unas de sus máquinas; NCR en el diseño de sus cajas registradoras, Digital Equipment en el ratón del ordenador, Texas Instrument's en la retícula de un vehículo blindado (Hartley, 1994); entre los usuarios de esta técnica, se encuentran además, Ford, General Electric, Motorola, Nippondenso o IBM. Algunas de las mejoras obtenidas por estas compañías son las siguientes:

TABLA 6.2. Aplicación del DFMA.

Empresa Parámetros (reducción en %)	Texas Instruments: retícula de un vehículo blindado	Digital Equipment: ratón de un ordenador	NCR: cajas registradoras	McDonnell Douglas: panel de instrumentación de un helicóptero
Tiempo de ensamble	84%	53%	75%	94%
Número de piezas diferentes	67%	—	—	88%
Número total de piezas	75%	50%	80%	—
Número de operaciones	77%	33%	—	—
Tiempo de fabricación	70%	—	—	93%
Peso	45%	—	—	8%
Número de proveedores	—	—	65%	—

Elaboración propia a partir de datos procedentes de Hartley (1994) y Herrera (1997).

Con independencia de la reducción de costes, que ya se ha comentado, su aplicación proporciona otras ventajas como son el incremento de la calidad de los productos y de la seguridad de los trabajadores y una gestión logística más sencilla.

6.6. CONSIDERACIONES

A pesar de los distintos enfoques que presenta cada una de las técnicas expuestas, todas ellas son compatibles entre sí y su aplicación puede realizarse de forma simultánea. Una característica común en todas ellas es que permiten la reducción de los costes.

Además se ha constatado la relevancia de la función de cada producto, pues su identificación es el punto inicial del desarrollo de distintas herramientas como el AMFEC o el Análisis del Valor. También se evidencia la importancia de las técnicas analizadas en los capítulos 2, 3 y 4, pues, en estas otras más avanzadas, se combinan los datos cuantitativos y los cualitativos.

BIBLIOGRAFÍA

- AKAO, Y. (1993). *Despliegue de funciones de calidad*. TGP-Hoshin, Madrid.
- BOOTHROYD, G.; DEWHURST, P. y KNIGHT, W. (1994). *Product Design for Manufacture and Assembly*. Marcel Dekker, Inc., New York.
- COHEN, L. (1995). *Quality Function Deployment. How to make QFD work for you*. Addison-Wesley Publishing Company, Reading, Massachusetts.
- DAY, R. G. (1993). *Quality Function Deployment. Linking a company with its customers*. ASQC. Quality Press. Milwaukee, Wisconsin.
- FOWLER, T. C. (1990). *Value Analysis in Design*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- HARTLEY, J. R. (1994). *Ingeniería Concurrente*. TGP-Hoshin. Madrid.
- HERRERA, A. (1997). *Design for Manufacturing and Assembly Application on the design of the AH64D helicopter*. The 1997 International Forum on DFMA, Conference proceedings.
- MACHUCA, M. A. y GARCÍA, R. (1997). La gestión del valor como estrategia innovadora de la empresa. VII Congreso Nacional de ACEDE, Vol. III, págs. 217-224.
- MARTÍNEZ, M. y HERNÁNDEZ, C. (1998). *Método de trabajo. Herramienta: Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE)*. Forum Calidad, marzo, págs. 62-71.
- NEVINS, J. L. y WHITNEY, D. E. (1989). *Concurrent Design of Products and Processes*. McGraw-Hill Publishing Company.
- PFIEFER, T. y TORRES, F. (1999). *Manual de Gestión e Ingeniería de la Calidad*. Mira Editores, Zaragoza.
- ROSS, P. J. (1996, second edition). *Taguchi Techniques for Quality Engineering*. McGraw-Hill, New York.
- SEBASTIÁN, M. A.; BARGUEÑO, V. y NOVO, V. (1999, 2.^a edición). *Gestión y Control de Calidad*. Cuadernos de la UNED, nº 133, Madrid.
- TAGUCHI, G. (1986). *Introduction to quality engineering*. Asian Productivity Organization, Tokyo.

EJERCICIOS

EJERCICIO 6.1

La empresa Telehamburguer se dedica al servicio de hamburguesas a domicilio y opera en una comarca castellana ausente de las grandes multinacionales americanas del sector. No obstante ante la aparición de un mayor número de pequeñas empresas de competencia directa, quiere mejorar su servicio, para lo cual ha realizado encuestas con el objeto de averiguar qué desean los clientes ante un negocio de este tipo y realizar un nuevo diseño de su oferta, si fuera necesario, según los gustos detectados.

En las encuestas también se preguntó por la oferta de la competencia, y además diversos empleados de Telehamburguer se hicieron pasar por clientes de los competidores para valorar su servicio y sus productos y evaluarlos frente al de su empresa.

Se intentó detectar las expectativas de los clientes y la oferta de la competencia en relación al producto propiamente dicho (alimentos, variedad de los mismos, etc.) y al servicio (rapidez, horario, etc.).

Una vez obtenidos todos los datos se evaluó la opinión de los clientes y la situación frente a la competencia de 1 a 4 correspondiendo 1 a la peor situación y 4 a la mejor.

Para relacionar toda la información Telehamburguer realizó un QFD, de forma que pudiera comparar la voz del cliente con las características técnicas del negocio.

Solución propuesta

Según figura en el cuadro adjunto, los clientes de la empresa tienen una serie de expectativas frente a este tipo de producto. La empresa ha plasmado tales expectativas en unas características técnicas de acuerdo a su funcionamiento interno, y ha relacionado ambas para averiguar el grado de conexión entre ellas.

Tras evaluar el resultado de las encuestas realizadas, se observa que las ventajas que perciben los clientes de Telehamburguer son: su servicio de 24 horas, la elección del «bacon» y que las hamburguesas se sirven con salsa barbacoa.

Lo que detectan los empleados de Telehamburguer en la competencia, es que ésta es mejor respecto a la variedad de los ingredientes y a la procedencia de la carne (es decir, si ésta era de ternera, cerdo, pollo, etc.) y al servicio de bebidas frías, por lo que estos factores deberían convertirse en uno de los objetivos de mejora de la oferta. La empresa no posee el servicio de bebidas, por lo que decide incorporarlo, lo que además no debe presentar ningún problema puesto que el tiempo de entrega es breve.

Después se analiza la correlación existente entre las características técnicas, para determinar, si cabe la posibilidad de que al mejorar alguna de ellas (fundamentalmente las clasificadas como Objetivo) se pudiera mejorar algu-

na otra o bien si la repercusión que va a tener es la contraria, es decir, al mejorar una característica se empeora otra.

Se observa una correlación positiva entre la procedencia de la carne y su sabor. A su vez existe correlación negativa entre la variedad de los ingredientes y su distribución y el tiempo de entrega. Es posible que al aumentar el número de ingredientes de la hamburguesa, la distribución en la misma se haga más dificultosa y que se tarde más tiempo en prepararla con lo que empeorarían los factores distribución y tiempo de entrega. Por tanto habría que intentar mejorar este aspecto sin que influyera mucho en los otros dos.

		Producto										Servicio			Evaluación competitiva ■ Empresa ▲ Otro				Ventajas percibidas		
		Pan		Carne		Ingredientes						Plazo entrega	Temperatura	Horario							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10										
P R O D U C T O	Carne jugosa	○	●	▶	●					▶								1	2	3	4
	Carne ternera			●	●	○				▶								▲	■		
	Carne sin grasa	○	●	●	○					▶										▲	■
	Pan integral	●	●					▶	▶	▶									▲	■	
	Pan dulce	▶	▶						●	●	●								■	▲	
	Salsa barbacoa			○	●	▶	▶	○	○	○	●								▲		■ Salsa barbacoa
	Gran cantidad de tomate			▶	▶	●	●	●	○	○								▲	■		
	Poca cantidad de mostaza			○	○	○	○	○	○	●	○								▲	■	
	Bacón a elegir	○	○	▶		●													▲		■ Bacón a elegir
	Queso a elegir	○	○	▶		●													▲	■	
	Verdura a elegir	○	○	▶		○	●	●	▶	▶	▶								▲	■	
	Variedad de pisos	●	●		▶	▶	●	▶	▶	▶									■	▲	
	S E R V I C I O	Servicio 24 horas														●		▲			■ Servicio 24 horas
Servicio rápido												●	●						▲	■	
Servidas calientes												●	●						▲	■	
Objetivos de diseño					Origen		Variedad														
Evaluación de la competencia		4			▲		■	■													
		3	■	■	■		■	■	▲	■	▲	■	■	■	■	■					
		2	▲	▲	▲	■	▲	■	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲					
		1																			▲

Correlación:
+ Positiva
- Negativa

Relaciones
● Fuerte
▶ Mediana
○ Débil

Ejercicio 6.2

La reparación de un componente mecánico bajo garantía, supone a la empresa un coste de 200 unidades monetarias (u.m.) si la pieza no se ajusta a las tolerancias definidas en el diámetro. La Dirección estima que este coste es demasiado elevado para los ingresos que produce el componente y pretende reducir los costes a la mitad. El margen de tolerancia permitido hasta la fecha es de 0,5 mm. Atendiendo a estos datos, indique cuál debería ser el nuevo margen de tolerancias.

Solución propuesta

Debido a que el valor medido es un diámetro, la función de pérdida a aplicar es: $L = K (X - T)^2$

Con los datos del enunciado es posible hallar K:

$$200 = K (0,5)^2, \text{ por tanto } K = 800 \text{ u.m./mm}^2$$

$100 = 800 (X - T)^2$, lo que supone un margen de tolerancias de:

$$X - T = 0,35 \text{ mm}$$

EJERCICIO 6.3

La fiabilidad estimada de un componente electrónico es 0,9888 para 100.000 horas de funcionamiento. La pérdida producida en este período se considera que es de 600 u.m. ¿Cuál debería ser la fiabilidad de este componente para que el coste mencionado fuera de 500 u.m.?

Solución propuesta

Como la variable es la fiabilidad, la función de pérdidas se encuadra en «mayor es mejor», por lo que se aplica la siguiente expresión:

$$L = K (1/X)^2$$

Con los datos del enunciado se obtiene:

$$600 = K (1 / 0,9888)^2, \text{ por tanto, } K = 587,08$$

En consecuencia, la fiabilidad requerida para disminuir los costes a 500 u.m. es la siguiente:

$500 = 587,08 (1 / X)^2$, por tanto: $X = 1,0836$, como «X» representa a la fiabilidad, es imposible obtener un valor superior a la unidad (en el capítulo 7 se define esta magnitud); en consecuencia la pérdida mínima que se puede obtener es:

$$L = 587,08 (1 / 1)^2 = 587,08$$

EJERCICIO 6.4

Señale para los productos que se listan a continuación, cuáles son sus funciones básicas, primarias y algunas secundarias:

- Lavavajillas
- Radio
- Palanca del mando de velocidades de un vehículo
- Televisión
- Montacargas
- Ascensor
- Destornillador
- Altavoz
- Micrófono
- Cremallera
- Radiador eléctrico
- Casco

Solución propuesta

Producto	Función básica	Función primaria	Funciones secundarias
Lavavajillas	Fregar vajillas	Impulsar chorro de agua a presión	Circular agua Filtrar agua Calentar agua Ocupar poco espacio
Radio	Transmitir sonido	Transmitir ondas electromagnéticas	Modular frecuencias Propagar oscilaciones Rectificar corrientes Amplificar potencia Carecer de ruido
Palanca del mando de velocidades de un vehículo	Posibilitar cambio de velocidad	Transmitir par de fuerzas	Posibilitar montaje Ser ergonómica
Televisión	Reproducir imagen y sonido	Transformar ondas hertzianas en imágenes y sonidos	Explorar imágenes Tener nitidez Amplificar imágenes Excitar pantalla fluorescente

Producto	Función básica	Función primaria	Funciones secundarias
Montacargas	Elevar cargas	Mover cabina verticalmente	Regular velocidad Permitir bloqueo de mecanismos
Ascensor	Elevar personas	Mover cabina verticalmente	Regular velocidad Permitir bloqueo de mecanismos Ser confortable Permitir ventilación
Destornillador	Enroscar tornillos	Transmitir par de fuerzas	Ser ligero Ser ergonómico Estar normalizado
Altavoz	Reproducir sonido	Radiar potencia acústica	Convertir variaciones de tensión en ondas sonoras Presentar baja distorsión Ser fácil de fabricar
Micrófono	Reproducir sonido	Transformar ondas acústicas en ondas eléctricas	Mantener respuesta rápida de frecuencia Poseer sensibilidad Presentar baja distorsión
Cremallera	Cerrar o abrir tejidos	Transformar movimiento rotativo en rectilíneo	Ser reducida Ser estética
Radiador eléctrico	Calentar espacios	Radiar calor	Circular corriente Evitar cortocircuitos Poseer dimensiones correctas
Casco	Proteger la cabeza	Ser resistente	Evitar transpiración Ser ligero Ser estético Ser ergonómico

En este ejercicio se han encontrado dos productos —altavoz y micrófono— que poseen la misma función básica —reproducir sonido—, lo que indica la importancia de definir correctamente la función primaria, es decir, cómo se consigue la básica, pues es la que diferencia claramente a ambos. Por otra parte, en el montacargas y el ascensor, sucede lo contrario, su función básica difiere, pero son coincidentes en la primaria, puesto que poseen los mismos principios de funcionamiento; no obstante como su uso va dirigido bien a mercancías o bien a personas, en las funciones secundarias vuelven a distanciarse.

Capítulo 7

TÉCNICAS DE MEJORA DE PROCESOS

INTRODUCCIÓN

Las técnicas que se exponen en este capítulo son aplicables a los procesos de fabricación de productos y no presentan aplicación en los procesos de prestación del servicio. En la variabilidad de estos procesos influyen las 5 M: máquinas, mano de obra, métodos, medio y materiales. Para controlar y mejorar el rendimiento de cada uno de estos elementos existen una serie de técnicas, tales como:

- Poka-yoke.
- Las 5 s.
- Mantenimiento Productivo Total.
- Ingeniería Concurrente.

Aunque la primera y la tercera van dirigidas a las máquinas, requieren de una mano de obra con formación y una metodología sin la cual no alcanzan sus objetivos primarios; las 5 s aportan organización en el lugar de trabajo y la ingeniería concurrente es la técnica más completa, pues para su aplicación requiere del conocimiento de otras herramientas descritas anteriormente, así como de las fases de diseño y fabricación.

También se ha incluido una técnica más específica, pues solamente es de aplicación en el sector alimentario, el ARCPC —Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos—, por ser de obligado cumplimiento para el sector y por su clara relación con la gestión de la calidad; además ciertas similitudes con la normativa ISO 9000, que facilita la estandarización de los procesos, hacen necesaria su aparición en este capítulo.

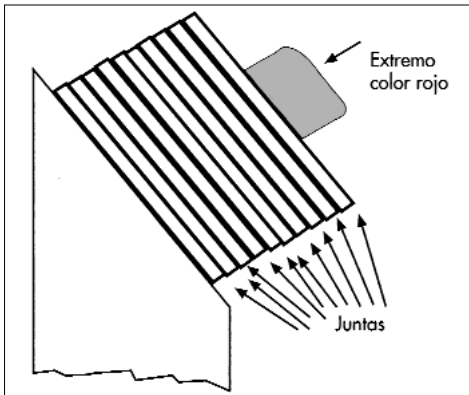
7.1. POKA-YOKE

A) Concepto

Poka-yoke es una expresión japonesa que significa seguridad contra fallos de proceso, cuya traducción literalmente es: evitar —*yokeru*— errores inad-

vertidos —*poka*—. El sistema fue desarrollado por Shigeo Shingo, un ingeniero mecánico japonés que dedicó su vida profesional a la industria y a la consultoría de su país de origen.

El *poka-yoke* se basa en establecer unos sistemas de autocontrol para prevenir que los operarios cometan errores. El proceso debe ser observado continuamente y detenerlo en el momento y en el lugar donde sucedan los defectos con el objeto de identificar el error y averiguar la causa que lo produjo de forma que no vuelva a repetirse. En el *poka-yoke* se observan los factores que intervienen en el proceso, utilizando a las **máquinas** y no a las personas en la predicción y en la detección de errores, y también se buscan las soluciones oportunas mediante el empleo de máquinas. El personal se destina a averiguar las causas de esos defectos y a determinar qué instrumentos son los más adecuados para la inspección. Actuando de esta manera se evita el muestreo estadístico.



La figura 7.1 muestra un mecanismo de almacenaje que mantiene únicamente la cantidad correcta de piezas, eliminando las equivocaciones al contarlas. El mecanismo consiste en una varilla utilizada para almacenar juntas; una marca roja en el extremo de la varilla señala el número correcto almacenado (Huge, 1990, pág. 160).

FIGURA 7.1. Mecanismo de almacenaje.

B) Desarrollo

Para llevar a cabo un sistema *poka-yoke* es preciso:

1. *Identificar el problema*, de fabricación, montaje, medición, inspección, etc., y delimitar las piezas, equipos y operaciones implicadas; todo ello conlleva a la identificación de cuándo y dónde sucede.
2. *Analizar el proceso*, cuidando no sólo la operación donde sucede el error, sino la secuencia del proceso, especialmente las operaciones inmediatas anterior y posterior, así como los métodos de trabajo utilizados.
3. *Investigar la causa*: mediante el uso de las 5 W y una H o una M; habitualmente estas causas son debidas a omisiones, desconocimiento, inexperiencia, falta de voluntad o distracción de los operarios y ausencia de procedimientos.

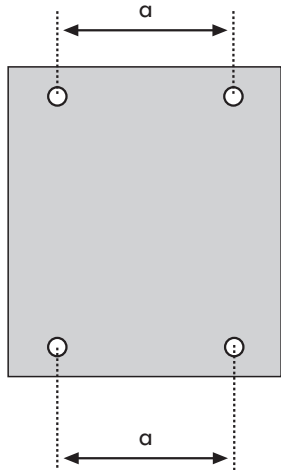
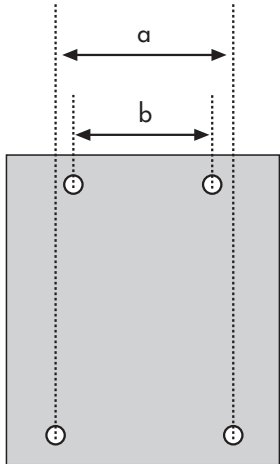
4. *Identificar una solución*: que puede basarse en el empleo de mecanismos, modificaciones de algunas piezas, utilización de contadores o alarmas. Al igual que con la identificación del problema, la solución propuesta ha de ir acompañada de la definición de los medios necesarios para alcanzarla.
5. *Analizar las mejoras que supone*: la propuesta realizada ha de ser factible técnica y económicamente y no debe gravar el diseño de las piezas o implicar dificultades en otras áreas del proceso.

C) Análisis

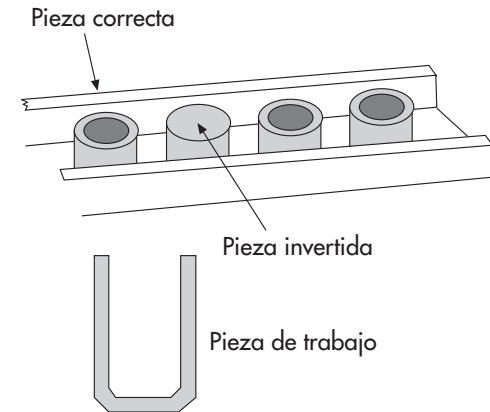
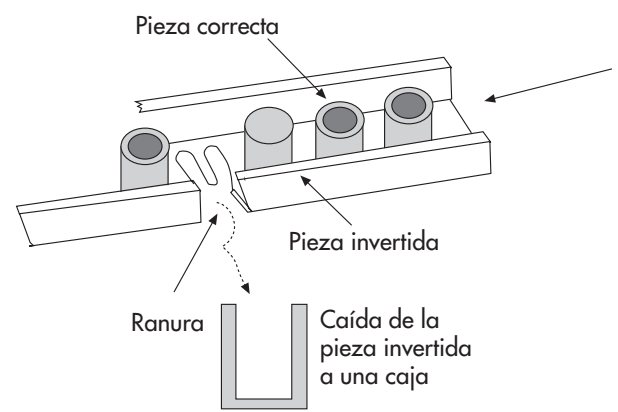
El *poka-yoke* es una herramienta clave para la prevención, pues su objetivo es obtener un proceso ausente de errores; por ello, supera a los gráficos de control, pues éstos se basan en hechos, y no en el propio diseño del proceso. Para que el *poka-yoke* sea eficaz es necesaria la formación de los empleados y la estandarización de los métodos de trabajo, mediante la elaboración de procedimientos e instrucciones.

A continuación se muestran algunos ejemplos del sistema *poka-yoke*.

Ejemplo (Elaborado a partir de Nikkan Kogyo Shimbun, 1988, pág. 131).

<p>PROCESO: Montaje de cajas PROBLEMA: Montaje de cajas de altavoces en posición inversa</p>	<p>SOLUCIÓN: Hacer asimétrica la pieza MEJORA CLAVE: Pieza modificada para garantizar posicionamiento correcto</p>
<p>DESCRIPCIÓN DEL PROCESO: Se montaban placas frontales de cajas de altavoces</p>	
<p>ANTES DE LA MEJORA: Era difícil determinar la orientación correcta de las cajas de altavoces porque los orificios de montaje eran simétricos en la parte superior e inferior. El montaje correcto sólo dependía de la vigilancia de los operarios por lo que a veces la placa frontal se montaba en posición invertida</p>	<p>DESPUÉS DE LA MEJORA: Se han hecho asimétricas las posiciones de los orificios de montaje de la parte superior, de forma que el montaje incorrecto es imposible. Se ha eliminado completamente el montaje en posición inversa</p>
	

Ejemplo (Elaborado a partir de Nikkan Kogyo Shimbun, 1988, pág. 63).

<p>PROCESO: Línea de transporte de piezas</p> <p>PROBLEMA: Piezas enviadas en posición invertida a maquinaria automática</p>	<p>SOLUCIÓN: Retirar piezas en posición invertida con nueva canaleta de guía</p> <p>MEJORA CLAVE: Canaleta modificada para retirar piezas defectuosas</p>
<p>DESCRIPCIÓN DEL PROCESO: Los procesos anterior y posterior a un proceso de prensa están conectados por un mecanismo de transporte. En el proceso siguiente, la pieza de trabajo se monta en máquina en la misma posición en la que llega. Por tanto, las piezas que llegan invertidas a la prensa se procesan mal o se daña la máquina</p>	
<p>ANTES DE LA MEJORA: los trabajadores tenían que observar con cuidado las piezas que llegaban y sacar de la línea las piezas mal posicionadas. Sin embargo, a veces se pasaba por alto piezas colocadas en mala posición</p>	<p>DESPUÉS DE LA MEJORA: se ha instalado un punto de chequeo en la canaleta de entrega que retira los ítems invertidos. El punto de chequeo tiene una ranura por la que los ítems colocados al revés caen a una caja situada debajo. Los ítems en posición correcta pasan libremente</p>
 <p>Pieza correcta</p> <p>Pieza invertida</p> <p>Pieza de trabajo</p>	 <p>Pieza correcta</p> <p>Pieza invertida</p> <p>Ranura</p> <p>Caída de la pieza invertida a una caja</p>

7.2. LAS 5 S

A) Concepto

Las 5 s significan globalmente «organización en el lugar de trabajo» y se corresponden con cinco vocablos japoneses que comienzan por la letra «s»:

❶ SEIRI	→	organización
❷ SEITON	→	orden
❸ SEISO	→	atención
❹ SIKETSU	→	limpieza
❺ SHITSUKE	→	disciplina

Seiri o la organización hace referencia a la determinación de estándares dentro de un área de trabajo, de manera que permitan identificar los materiales, herramientas, máquinas y útiles en general, que son necesarios para la ejecución de las tareas y proceder a la eliminación de todos los elementos que no son indispensables en un puesto de trabajo. En consecuencia, puede repercutir en la distribución en planta (layout) del área y es responsabilidad de la Dirección.

Seiton o el orden está relacionado con la disposición de los elementos de cada puesto de trabajo, de forma que sean de acceso rápido. Una vez que se han identificado los materiales estrictamente necesarios, se ha de definir la frecuencia de su uso, antes de proceder a su ubicación definitiva.

Seiso o la atención a la organización (*seiri*) y al orden (*seiton*) establecidos para lograr su permanencia en el tiempo. El control visual y la cualificación de los operarios facilitan la aplicación de *seiso*. El operario atento sentirá las variabilidades de las máquinas al prestar atención al nivel de presión, de aceite, entre otras variables.

Siketsu o la limpieza se refiere tanto a máquinas, herramientas y materiales a procesar o procesados. Por lo expuesto anteriormente, es evidente la relación entre la limpieza y la calidad, pero también existe respecto a la seguridad. Los objetivos primarios son la identificación y la eliminación de las fuentes de suciedad para suprimirlas y posteriormente ejecutar las tareas de limpieza. Dentro de esta directriz es importante conocer todos aquellos puntos de los que es difícil extraer la suciedad.

Shitsuke o la disciplina, característica asociada a la mentalidad oriental, ha de ser asumida por todos los trabajadores, pero inspirada desde los jefes inmediatos. Además las otras directrices mencionadas se han de convertir en un hábito para los operarios, por lo que el autocontrol de los mismos se hace imprescindible.

B) Desarrollo

Las 5 s asumen los principios de la estrategia kaizen, pues es en el lugar de trabajo o gemba donde se realizan las mejoras, pero para ello se ha de partir de las reglas establecidas por la Dirección.

Si las 5 s se practican con regularidad, se estimula la creación de un ciclo de mejoras, que empieza con la reducción de las variaciones causadas por las anomalías, y continúa con la creación de una estabilidad y uniformidad en los procesos de producción, pues constituyen por sí mismas otra técnica de la calidad. En la figura 7.2 se describe el ciclo PDCA de la organización de las áreas de trabajo (elaborado a partir de Rodríguez, 1990, pág. 165).

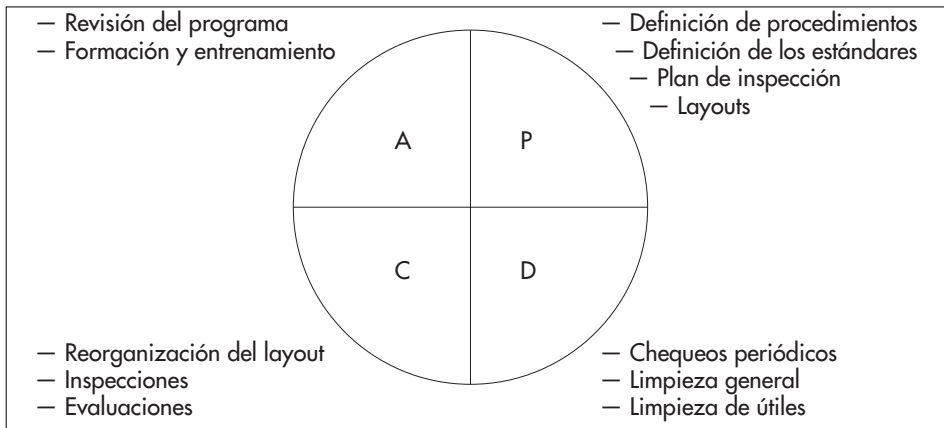


FIGURA 7.2. Ciclo PDCA de la organización de áreas de trabajo.

C) Análisis

Las 5 s constituyen por sí mismas una técnica que, como se expondrá a continuación, presenta una fuerte relación con el mantenimiento de los equipos. Con esta metodología han progresado notablemente muchas empresas, como es el caso de la planta de fabricación de muebles de cocina del Grupo Mondragón Corporación Cooperativa (Qualitas Hodie, 1999) que tras un programa de implantación de las 5 s ha reducido el número de errores, los tiempos improductivos, los stocks y las averías y ha incrementado la seguridad en el trabajo.

7.3. MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

A) Concepto

El Mantenimiento Productivo Total o TPM —Total Productive Maintenance— surge en la década de los 70, y se caracteriza por ser los operarios los que realizan las tareas básicas de mantenimiento de sus máquinas y con antelación a las averías, detectan problemas potenciales y por la búsqueda de

una mayor eficacia de los equipos. De hecho, Seiichi Nakajima (1991), un ingeniero mecánico japonés que desarrolla el TPM y lo introduce en Japón en 1971, define el TPM como el «mantenimiento productivo realizado por todos los empleados, se basa en el principio de que la mejora de los equipos debe implicar a toda la organización, desde los operarios de la cadena hasta la alta dirección». Este enfoque surge y se extiende debido a que el mantenimiento preventivo no soluciona los problemas ocasionados por deficiencias en el diseño y durante la fabricación del equipo.

Un sistema productivo está constituido por toda una gama de máquinas necesarias para la obtención del producto que no siempre funcionan de forma correcta debido a múltiples causas como los fallos infantiles, desgastes, roturas accidentales, etc. La curva característica de períodos de vida o curva de la «bañera» muestra cómo en una fase inicial se producen un alto número de fallos debidos a defectos en el diseño, a errores causados por un montaje deficiente o problemas en fabricación; a continuación y durante el período de vida útil, la tasa de fallos se estabiliza y posteriormente se incrementa como consecuencia del desgaste de los equipos. Todo ello se expone en la figura 7.3.

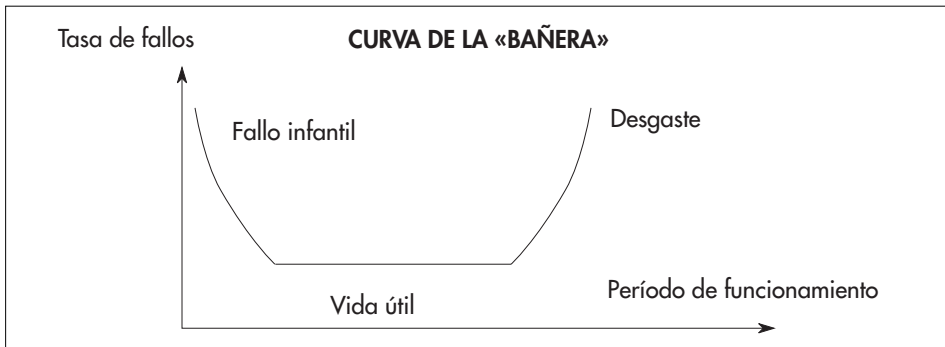


FIGURA 7.3. Curva característica de períodos de vida.

No obstante, y como muestra la figura 7.4, la curva de la bañera, antes descrita, no se cumple para la totalidad de los equipos, y algunos como los componentes electrónicos presentan una curva prácticamente plana, pues poseen una tasa de fallo que se puede considerar constante.

Ante la diversidad de los fallos, es posible abordarlos mediante el empleo de técnicas distintas:

- Aumentando la fiabilidad de los componentes.
- Realizando mantenimiento preventivo, mediante la organización de revisiones.
- Facilitando la localización de los fallos y aumentando la rapidez de las reparaciones, mediante la mantenibilidad.
- Acelerando la renovación de los equipos.

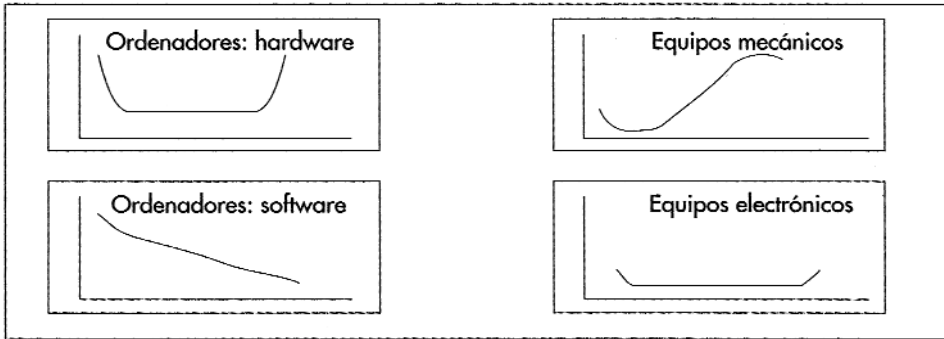


FIGURA 7.4. Curva de la bañera de diversos tipos de equipos.
Elaborado a partir de Creus (1992).

El objetivo del TPM es incrementar la eficacia de los equipos, mediante la eliminación de las denominadas «seis grandes pérdidas»:

- Averías de los equipos.
- Ajustes de las máquinas y cambios de útiles y herramientas.
- Tiempos muertos y paradas menores.
- Reducción de velocidad.
- Defectos durante el proceso de fabricación.
- Disminución del rendimiento.

Por ello, para conocer la situación frente a estos aspectos, emplea el parámetro de «**eficacia de un equipo**» que se mide como el producto de la disponibilidad, de la eficiencia de su funcionamiento y de la tasa de calidad.

$$\text{Eficacia del equipo} = \text{Disponibilidad} \times \text{Eficiencia de funcionamiento} \times \text{Tasa de calidad}$$

La **disponibilidad** está vinculada con la fiabilidad y la mantenibilidad de los equipos. La *fiabilidad* es la probabilidad de que un equipo funcione correctamente durante un período determinado y bajo unas condiciones operativas concretas. Mientras que la *mantenibilidad* es la probabilidad de que un equipo sea reparado y puesto en funcionamiento en un tiempo determinado. Para el desarrollo de estos conceptos se van a adoptar las siguientes hipótesis:

- la fiabilidad de los equipos sigue una distribución exponencial,
- la tasa de fallos es constante a lo largo del tiempo.

A pesar de la simplicidad de estas hipótesis, éstas son ciertas en los componentes electrónicos.

La *fiabilidad* depende del diseño de los productos y está relacionada con la tasa de fallos; para incrementarla es preciso utilizar materiales de mayor du-

ración o bien usar sistemas redundantes. Esto es válido para cada componente de los equipos, pues la fiabilidad final dependerá de la fiabilidad de cada uno de los componentes que lo integran. Sea:

R: fiabilidad

t: tiempo

λ : tasa de fallos

MTTF: tiempo medio hasta el fallo (Middle Time Till Failure)

$$R = e^{-\lambda t}$$

La tasa de fallos está relacionada inversamente con el MTTF: $\lambda = 1 / \text{MTTF}$.

La *mantenibilidad* es la probabilidad de que un dispositivo que ha fallado sea puesto de nuevo en funcionamiento dentro de un período de tiempo dado, mediante la aplicación de una acción de mantenimiento. Depende tanto del diseño de los equipos como de la política de mantenimiento seguida, de los medios disponibles y de ciertos factores humanos. Sea:

M: mantenibilidad

T: tiempo límite o tiempo máximo permitido para llevar a cabo la reparación

MTTR: tiempo medio de reparación (middle time to repair), está asociado a tiempos de preparación, de acceso, de diagnóstico, de localización de los repuestos, de reemplazamiento y de comprobación y ajuste.

$$M = 1 - e^{-T/\text{MTTR}}$$

En consonancia con lo anterior, se observan un conjunto de tiempos activos que dependen del propio diseño de las máquinas y otro de tiempos pasivos que están en función de la gestión de la reparación. Por tanto, la mantenibilidad puede mejorar, por tanto, con dos tipos de acciones:

- Acciones de diseño: estandarización de componentes, diseño modular o accesibilidad a determinados elementos de los equipos.
- Acciones preventivas: formación de los operarios y del personal de mantenimiento o integración de chequeos automáticos.

La *disponibilidad* es la probabilidad de garantizar un buen funcionamiento, es decir, está vinculada con el tiempo de explotación de un equipo durante el cual, éste se encuentra operativo. Aunque dentro de este concepto, es posible diferenciar distintos tipos de disponibilidad, atendiendo a la existencia o no de un mantenimiento preventivo, en un entorno TPM es preciso hablar de la disponibilidad conseguida, que contempla el mantenimiento correctivo y el preventivo. Sea:

$$D_c = \text{MTBM} / (\text{MTBM} + \text{MTTR})$$

$$\text{MTBM} = 1 / [(1/\text{MTBM}) + (1/\text{MTBF})]$$

Dc: disponibilidad conseguida

MTBF: tiempo medio entre fallos (Middle Time Between Failure)

MTBM: tiempo medio entre dos acciones de mantenimiento

$$\text{MTBF} = \text{MTTF} + \text{MTTR}$$

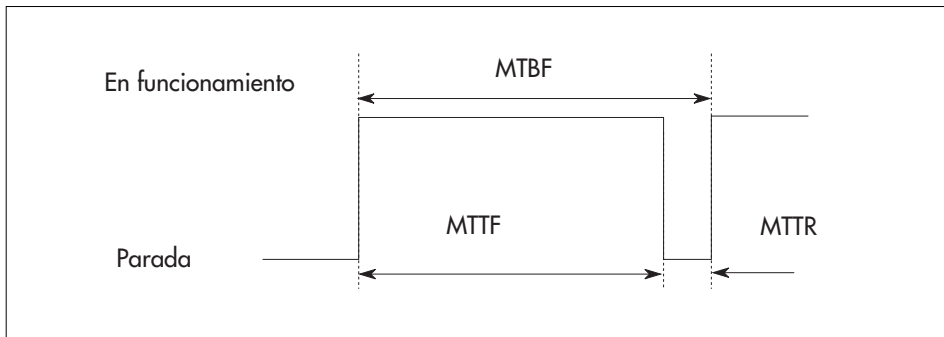


FIGURA 7.5. Tiempos asociados al mantenimiento.

Por tanto, la eficacia del equipo medida en un entorno TPM está en relación con la disponibilidad de los equipos y está en función, no solamente de la política de mantenimiento llevada a cabo, sino de los parámetros establecidos en el diseño del equipo; estos últimos se determinan en las pruebas que se realizan antes de su construcción, pero para hallar los dependientes de su funcionamiento, es preciso recoger los datos de las averías y de las reparaciones efectuadas, analizar los informes de mantenimiento e identificar los equipos que fallan con mayor frecuencia. Además en entornos productivos es necesario conocer los tiempos de operación de cada tarea, pues un mismo equipo puede ejecutar distintas operaciones o bien llevarlas a cabo sobre distintos materiales. En consecuencia, los parámetros antes definidos para la fiabilidad, la mantenibilidad y la disponibilidad, a pesar de ser necesarios para prestar un buen mantenimiento requieren de otro tipo de medidas; otros tipos de indicadores relacionados con estos conceptos se muestran en Pfeifer y Torres (1999).

En términos de producción, la disponibilidad puede expresarse (Nakajima, 1993) como la relación entre el tiempo de operación y el tiempo de carga. El tiempo de carga es el disponible por unidad de tiempo (por ejemplo, las 8 horas de la jornada laboral menos una hora debida a reuniones y descansos), mientras que el tiempo de operación es el de carga menos el tiempo de parada, debido a averías, ajustes de útiles, etc.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo de carga} - \text{Tiempo de parada}}{\text{Tiempo de carga}}$$

La **eficiencia de funcionamiento** es igual a la tasa de velocidad de operación por la tasa de operación neta.

$\text{Eficiencia de funcionamiento} = \text{Tasa de velocidad} \times \text{Tasa de operación neta}$

La tasa de velocidad de operación se define como la relación entre el tiempo de ciclo teórico y el tiempo de ciclo real; es decir, es el cociente entre la velocidad prevista en el diseño del equipo por ítem y la velocidad actual. Mientras que la tasa de operación neta es la relación entre el tiempo de proceso actual y el tiempo de operación; el tiempo de proceso se corresponde con el producto de la cantidad procesada y el tiempo real de ciclo.

$$\text{Tiempo de operación neta} = \frac{\text{Cantidad procesada} \times \text{Tiempo real de ciclo}}{\text{Tiempo de operación}}$$

La **tasa de calidad** corresponde al factor de aprovechamiento, es decir a la relación entre la diferencia entre la cantidad procesada menos la cantidad de defectos dividido todo ello por la cantidad procesada:

$$\text{Tasa de calidad} = \frac{\text{Cantidad procesada} - \text{Cantidad de defectos}}{\text{Cantidad procesada}}$$

Luego la eficacia del equipo es:

$\frac{\text{Tiempo de carga} - \text{Tiempo parada}}{\text{Tiempo carga}} \times \frac{\text{Tiempo teórico ciclo} \times \text{Cantidad procesada}}{\text{Tiempo operación}} \times$ $\times \frac{\text{Cantidad procesada} - \text{Cantidad de defectos}}{\text{Cantidad procesada}}$

En la tabla 7.1 se muestra la relación entre las seis grandes pérdidas y los parámetros que definen la eficacia del equipo:

TABLA 7.1. Las seis grandes pérdidas y la eficacia de un equipo.

Las seis grandes pérdidas	Tiempo de carga			Eficacia del equipo	
Averías de los equipos	Paradas	Tiempo de operación		Disponibilidad	
Ajustes de las máquinas y cambios de útiles y herramientas					
Tiempos muertos y paradas menores		Pérdidas de velocidad	Tiempo de operación neto	Eficiencia de funcionamiento	
Reducción de velocidad					
Defectos durante el proceso de fabricación			Defectos	Tiempo válido de operación	Tasa de calidad
Disminución del rendimiento					

La obtención de todos estos datos se realiza para cada fase del proceso.

B) Desarrollo

El TPM se lleva a cabo con la implicación de los empleados de toda la compañía y se asienta en los pilares mostrados en la tabla 7.2:

TABLA 7.2. Pilares del TPM.

Equipos	Mantenimiento productivo	Utilización máxima del equipo
	Ingeniería de equipos	Desarrollo de una tecnología propia
Calidad	Mantenimiento de la calidad	Fabricación de calidad a través del equipo
Personal	5 s	Fabricación uniforme y fiable
	Adiestramiento y formación	Formar a los operarios en el mantenimiento básico

a) *Mantenimiento productivo*

Sistema de técnicas de mantenimiento preventivas y correctoras. Su objetivo es diseñar equipos capaces de lograr altos tiempos operativos. El instrumento para este análisis es el MTBF, que clasifica los equipos por índices de fallos

y analiza las causas de los mismos. Para mejorar el tiempo operativo deben reducirse las «seis grandes pérdidas». Los cuadros de análisis MTBF ayudan a esclarecer las incidencias de las averías, pues muestran la frecuencia de averías de cada máquina y cada pieza.

En Nakajima (1991, pág. 267) se expone el ejemplo que figura en las tablas 7.3 y 7.4 para llevarlo a cabo:

Ficha de mantenimiento:

TABLA 7.3. Ficha de mantenimiento.

Fecha de mantenimiento realizado:	Nombre de la persona que realizó el mantenimiento:
Nombre del equipo y pieza:	
Detalles de averías:	Descripción de la acción de mantenimiento:
Horas-hombre utilizadas:	Tiempo de las paradas del equipo:

TABLA 7.4. Cuadro de análisis del MTBF.

Cuadro de análisis MTBF		Duración: Comienzo:		Fin:
Nombre pieza	Trabajo de mantenimiento realizado			
A	Ficha de mantenimiento	Ficha de mantenimiento	Ficha de mantenimiento	
B	Ficha de mantenimiento			
C	Ficha de mantenimiento	Ficha de mantenimiento		

b) Ingeniería de equipos

Las empresas capacitadas para diseñar y fabricar su propio equipo de producción, lograrán, generalmente, en las operaciones unos costes más bajos y máquinas de usos específicos. El mantenimiento productivo y el desarrollo de la tecnología propia aseguran la eficiencia de un equipo especial.

Entre los factores a considerar se encuentran:

Grado de automatización. Ante mercados que exigen cada día mayor variedad de productos, la automatización de los equipos mediante el empleo de máquinas-herramientas de control numérico o robots y de las instalaciones mediante la implantación de Sistemas Flexibles de Fabricación (FMS- Flexible Ma-

nufacturing Systems) permite reducir los tiempos de cambios de herramientas y útiles.

Mantenimiento autónomo que se transforma en operaciones virtualmente libres de mantenimiento.

Cálculo de coste de mantenimiento durante la vida útil del equipo.

Consumo racional de la energía.

Facilidad de puesta en marcha, no solamente en el accionamiento inicial, sino también después de cada posible avería o cambios en las condiciones del proceso.

c) *Mantenimiento de la calidad*

El mantenimiento de la calidad se persigue a través de dos aspectos, que enlazan con la idea de Crosby de los cero defectos:

Crear calidad por medio de los equipos (ningún defecto será causado por equipos defectuosos).

Crear una línea de producción fiable (cero fallos).

El TPM utiliza la gestión MTBF para analizar piezas, productos y acciones de mantenimiento, con la finalidad de verificar las causas de los problemas y seleccionar las medidas apropiadas.

d) *Organización en el lugar de trabajo (5 s)*

El TPM organiza el lugar de trabajo siguiendo las cinco directrices conocidas como 5 s, que se analizaron en el apartado 7.2 del presente capítulo.

Si todo el personal se implica en el mantenimiento, las máquinas se averiarán con menor frecuencia. Éste es el primer paso para el mantenimiento autónomo, de forma que los operarios chequeen y reparen las pequeñas averías.

e) *Adiestramiento y formación*

Esfuerzo de adiestramiento y formación en la difusión del «know-how» del mantenimiento e ingeniería; la meta es que sea cada operario quien pueda mantener su propio equipo. El personal de ingeniería y mantenimiento se ocupa del adiestramiento dando especial importancia a la relación que existe entre los fallos y los procedimientos operativos poco apropiados y el mantenimiento defectuoso.

C) **Análisis**

El TPM aumenta la eficacia de los equipos y esto hace que se incremente la productividad. En definitiva es un sistema para mejorar la capacidad de los procesos y maximizar la eficacia de los equipos.

En Japón, el Instituto Japonés para el Mantenimiento de Plantas (JIPM) estableció el premio PM que se otorga anualmente, desde 1971, a las plantas de fabricación que se distinguen por la excelencia en el mantenimiento, y se concede a empresas que demuestren tener una eficacia de un 80%. La primera empresa ganadora del premio fue un proveedor de componentes electrónicos de Toyota, Nippondenso Co. y en el año 1995, la empresa española Fagor Ederlan fue galardonada con esta distinción. Esto supone:

- la eliminación de las pérdidas de los equipos,
- el aumento de la productividad,
- la mejora de la calidad,
- el mantenimiento de inventarios mínimos,
- la eliminación de los accidentes y de la contaminación,
- el establecimiento de un entorno de trabajo agradable y
- la disminución de los costes.

Estudios empíricos llevados a cabo en Estados Unidos demostraron que la eficacia, medida en estos términos, no solía superar el 30%, lo que demuestra el alto grado de exigencia.

Empresas con un sistema de producción «just in time» (JIT), como Toyota, han optado también por la implantación del TPM y el sistema se ha extendido a sus proveedores.

Los criterios considerados en el PM son los siguientes (Nakajima, 1991, págs. 415-420):

- Políticas y metas.
- Organización y dirección.
- Actividades de pequeños grupos de mantenimiento autónomo.
- Educación y adiestramiento.
- Gestión del equipo.
- Dirección y planificación del mantenimiento.
- Planificación de inversión en equipos y prevención del mantenimiento.
- Relaciones entre el control de costes y las cantidades de producción, plazos de entrega y calidad del producto.
- Seguridad industrial, higiene y entorno.
- Resultados y evaluación.

En el se observan, aunque enfocados hacia el mantenimiento, algunos puntos comunes con el modelo de calidad europeo «El modelo de la Excelencia Empresarial», como son la política, la organización, la formación y los resultados.

7.4. ANÁLISIS DE RIESGOS Y CONTROL DE PUNTOS CRÍTICOS (ARCPC)

A) Concepto

El Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos (ARCPC o HACCP —Hazard Analysis Critical Control Point—) es un sistema proactivo de control de procesos que pretende asegurar la calidad de los alimentos. Con él se sustituyen los métodos tradicionales basados en inspecciones al azar de las condiciones de elaboración y en muestreos aleatorios del alimento final.

Fue ideado en la década de los 60 en Estados Unidos con el objeto de evitar riesgos de enfermedades transmitidas por los alimentos para los astronautas y posteriormente ha sido adaptado por la FDA —Food and Drug Administration— también en Estados Unidos para su aplicación en diversas industrias como la cárnica, la marisquera o la avícola. Actualmente esta técnica es de obligado cumplimiento para el sector alimentario dentro de la Unión Europea en virtud de la Directiva 93/43/CEE del Consejo, de 14 de junio de 1993, relativa a la higiene de los productos alimenticios, que en España se transpone con el Real Decreto 2207/1995.

B) Desarrollo

Se desarrolla mediante la ejecución de los siguientes pasos:

- a) *Análisis de riesgos*: se identifican todos los riesgos potenciales de un alimento en concreto, ya sean de tipo biológico, químico o físico.
- b) *Identificación de los puntos críticos de control*: se corresponde con los puntos en el proceso de producción de los alimentos —alimentos crudos, elaboración, transporte, consumo— en los que es posible controlar o eliminar un riesgo potencial.
- c) *Determinación de los límites críticos para cada punto de control*: su objeto es tomar las medidas preventivas oportunas en cada uno de los puntos de control establecidos, estableciendo límites como por ejemplo de temperatura, tiempo, etc.
- d) *Comprobación de los requisitos de los puntos críticos de control*: crear los procedimientos requeridos para establecer cómo y quién debe vigilar cada punto de control, como por ejemplo los tiempos de cocción, la temperatura, etc.
- e) *Acciones correctivas*: determinación de medidas cuando no se han satisfecho los límites de control establecidos, como puede ser la reelaboración del alimento si no se ha mantenido algún parámetro como el tiempo mínimo de cocción.

- f) *Registros*: determinar un procedimiento que facilite la documentación del método ARCP.
- g) *Verificación del sistema establecido*: mediante el establecimiento de procedimientos que permitan verificar que el sistema funciona de forma ininterrumpida; entre los aspectos que pueden comprobarse figuran los dispositivos que marcan la temperatura, los elementos empleados en la cocción de los alimentos, etc.

C) Análisis

La implantación de las normas de aseguramiento de la calidad, ISO 9000, proporciona un marco que facilita la puesta en práctica del ARCP, pues con ellas han de establecerse algunos de los aspectos contemplados en este método como son la comprobación de los requisitos del proceso, las acciones correctivas, los registros y la verificación. De hecho, la misma Directiva 93/43/CEE, antes citada, que establece la obligatoriedad de llevar a cabo este método en la industria de los alimentos, recomienda el uso de la normativa ISO 9000.

7.5. INGENIERÍA CONCURRENTE

A) Concepto

La Ingeniería Concurrente —Concurrent Engineering (CE)— o Ingeniería Simultánea es una herramienta que combina un enfoque de equipo para la gestión de proyectos con el uso de un cierto número de técnicas especializadas que aseguran la optimización del diseño y la erradicación de ineficiencias durante la fabricación.

Los elementos fundamentales de la Ingeniería Concurrente, son:

- Equipo multidisciplinar.
- Producto definido en términos del cliente y traducidos a términos de ingeniería de detalle.
- Diseño de parámetros para asegurar la optimización de la calidad.
- Técnicas como el DFMA y SPC.
- Desarrollo simultáneo del producto, equipos de procesos, control de calidad, marketing, compras y finanzas.

La Ingeniería Concurrente surge ante la necesidad de lograr productos en plazos de fabricación más cortos con una mayor calidad, una reducción en los costes, y priorizando la satisfacción de las necesidades del cliente, a causa de una competencia cada día mayor. Las empresas han de asegurar que cada nuevo producto:

- es el que desean los clientes al precio que están dispuestos a pagar,
- se lanza al mercado en el plazo fijado sin exceder el presupuesto,
- se diseña con elevados niveles de calidad,
- es fácil de fabricar en altos volúmenes con la flexibilidad suficiente para afrontar posibles cambios,
- contiene el menor número de piezas posible y se diseña para un fácil ensamblaje,
- alcanza un volumen de producción suficiente que permite alcanzar en breve plazo el punto muerto de la inversión.

En la figura 7.6 se muestran las características fundamentales de esta técnica:

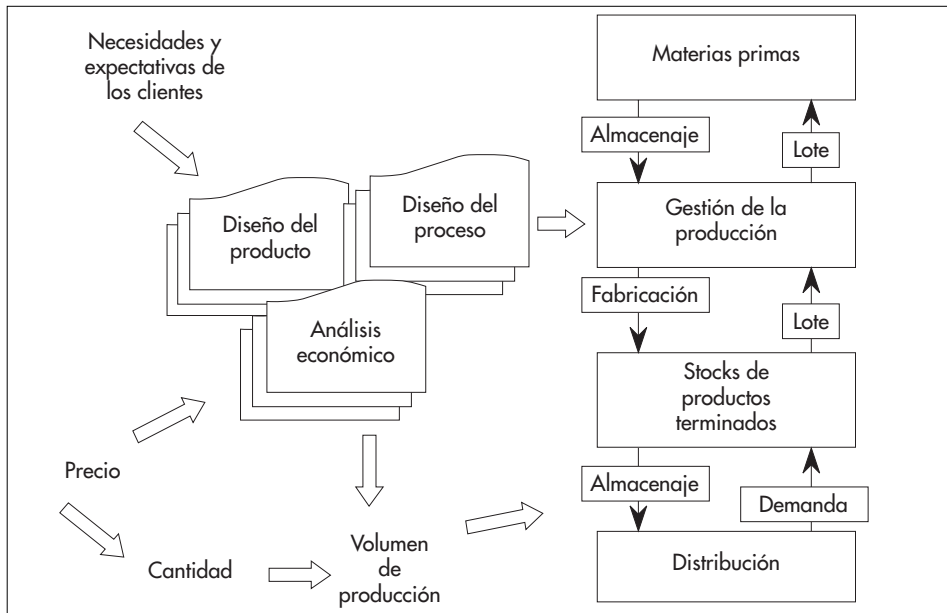


FIGURA 7.6. Ingeniería Concurrente. Elaborado a partir de Nevins y Whitney (1989).

En la década de los 80, las empresas japonesas lograron una altísima participación en el mercado, unos productos con especificaciones de alta tecnología y una gran habilidad para ajustarse a las necesidades de los clientes, empleando conceptos que presagian la Ingeniería Concurrente; en el desarrollo de sus productos empleaban un 30% menos de tiempo que las empresas estadounidenses del mismo sector, gracias a una combinación del trabajo en equipo y una mayor eficacia en el diseño.

El éxito japonés indujo a los fabricantes norteamericanos a modificar sus métodos operativos, adoptando los principios de la Ingeniería Concurrente. A mitad de la década de los 80, las tres grandes compañías de automóviles norteamericanas, Chrysler, Ford y General Motor, comenzaron a utilizar esta técnica, aunque limitando su uso a algunas divisiones; no obstante, en un principio no alcanzaron buenos resultados, debido a problemas organizativos, pues los grupos de trabajo no encajaban en la estructura vertical y los proveedores no se integraron totalmente en los grupos de trabajo; después de varios años, las industrias del automóvil han variado sus estructuras organizativas e integran la Ingeniería Concurrente junto a otras políticas. Las compañías aeroespaciales también han incorporado la Ingeniería Concurrente, además de por las ventajas que reporta, por el hecho de que el Departamento de Defensa de EE.UU. exige el sistema CALS (Adquisición y Apoyo Logístico Asistidos por Ordenador), con la intención última de que los nuevos sistemas de armas se desarrollen en un entorno de Ingeniería Concurrente; el objetivo final es reducir el coste total de las armas referido y reducir los plazos de diseño y fabricación; el Departamento de Defensa ha encontrado que con la Ingeniería Concurrente: los cambios de diseño pueden disminuir en un 50%, los plazos de ejecución del desarrollo pueden acortarse hasta un 40 o 60% y el material defectuoso y trabajos de reproceso pueden reducirse en un 75%. Algunas de las empresas que emplean la Ingeniería Concurrente son: Xerox y Digital Equipment, BMW, Singer Corporation y Seat.

Una de las características de esta metodología es que los participantes han de aprender a trabajar con datos incompletos. Las decisiones sobre comprar o fabricar componentes tienen que realizarse en una etapa muy temprana del proyecto; con ello se intentan eliminar las debilidades propias de la ingeniería secuencial en la que los productos pasan de la fase de concepción a la de prototipos con una definición insuficiente del producto, sin emprender estudios del diseño desde el punto de vista de la fabricación y el ensamble y sin establecer directrices sobre cómo llevar a cabo la producción.

Las **técnicas** en las que se basa la CE son las siguientes:

- QFD
- DFMA
- AMFEC
- Diseño de parámetros y tolerancias
- SPC
- CAD/CAM

B) Desarrollo

Para alcanzar los objetivos (incremento de la rentabilidad, mayor control del diseño y de los costes de fabricación, mejora de la imagen de la empresa y elevada motivación en todos los empleados), se requiere la puesta en práctica del liderazgo de la Alta Dirección, de la constitución de un equipo multidisciplinar, del desarrollo simultáneo del producto, la impregnación de los principios de la calidad en toda la empresa, el empleo de técnicas concretas de diseño y fabricación y unos proveedores enfocados a clientes, según figura en la figura 7.7.

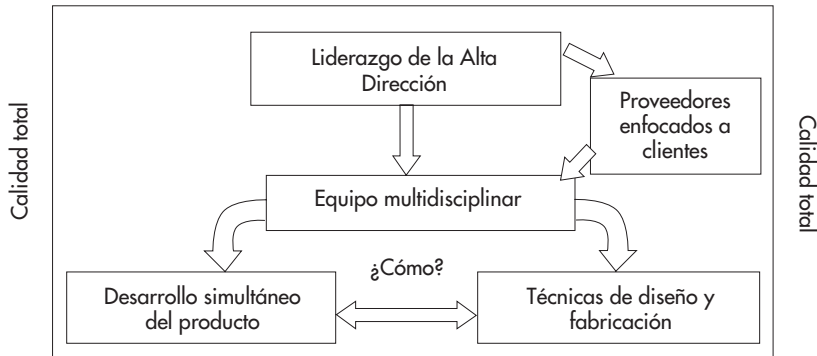


FIGURA 7.7. Acciones básicas en un entorno de Ingeniería Concurrente.

a) *Liderazgo de la Alta Dirección*

La Ingeniería Concurrente requiere el liderazgo de la Alta Dirección pues es quien ha de facilitar los medios para realizar el trabajo, mediante la asignación de presupuestos y la formación requerida para los miembros del equipo y mantener una política de delegación, de forma que los grupos de trabajo tomen sus propias decisiones. La autonomía de estos grupos es una de las prioridades en estos proyectos y quizá la más difícil de llevar a la práctica, pues significa una pérdida de poder de los departamentos funcionales. Además, las inversiones se anticipan en el tiempo con relación a lo requerido en la ingeniería secuencial.

De forma similar al TQM, la Dirección ha de comprometerse con los nuevos métodos y preparar el necesario cambio cultural en la empresa para alcanzar el beneficio esperado y obtener una actitud positiva de todo el personal hacia las prioridades de calidad y económicas. Por todo ello es conveniente una implantación gradual, independientemente del tamaño del proyecto y comenzar por un proyecto piloto.

Es evidente, que para que prospere la empresa, debe retener a sus clientes actuales y ganar otros, tal y como sugiere Deming, y solamente podrá lograrlo si el producto y el servicio satisfacen las expectativas de los clientes y con un nivel de defectos que pueda considerarse aceptable.

También es la Dirección quien ha de establecer un programa de formación que inculque la filosofía de los nuevos métodos y el cambio cultural, así como un adiestramiento más preciso en las técnicas que han de utilizar las personas susceptibles de incorporarse al grupo. Parte de esta formación consiste en la utilización de técnicas como el QFD, el AMFEC, el DFMA y el diseño de parámetros y tolerancias. Es conveniente que el personal de ingeniería de diseño posea conocimientos relativos a los procesos de producción, y a su vez los técnicos de fabricación sean conocedores del potencial de la aplicación técnica de diseño. Cada miembro del equipo debe ser consciente de que solamente añadiendo valor en cada operación, una empresa puede generar los beneficios necesarios para mejorar el producto y ser competitiva.

b) *Creación de un grupo multidisciplinar, que se responsabilice totalmente del proyecto.*

Es esencial que cada proyecto esté integrado por un **equipo multidisciplinar** a tiempo completo, compuesto habitualmente por personal:

- Interno, procedente de:
 - Diseño del producto
 - Fabricación
 - Marketing
 - Compras
 - Finanzas
 - Calidad
- Externo, procedente de:
 - Proveedores de componentes de primer nivel y suministradores de los equipos de fabricación.

El grupo ha de ser liderado por un profesional cualificado e identificado con el concepto de Ingeniería Concurrente. El número de personas involucradas en un grupo depende de la complejidad del producto, pero dada la necesidad de diversos especialistas la cifra suele oscilar entre 10 y 30 personas, mucho más amplia que en los círculos de calidad.

Para que este equipo pueda llevar a cabo un proyecto es fundamental su autonomía respecto a sus superiores inmediatos y la igualdad de los miembros, es decir, el proyecto se ha de considerar bajo todas las ópticas y las sugerencias pueden partir de alguna persona que no sea necesariamente especialista en un tema concreto; por ejemplo, si un proveedor advierte sobre algún punto que parece que afecta a la forma del producto, los ingenieros de diseño no pueden rechazarla porque *a priori* no satisface los criterios técnicos.

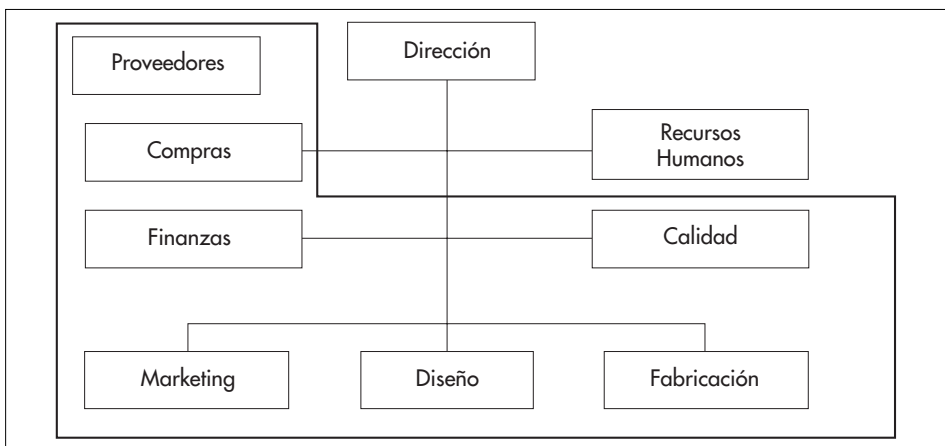


FIGURA 7.8. El equipo multidisciplinar.

De esta manera desde que se esboza el diseño del producto, los técnicos de fabricación ya poseen toda la información del mismo, y así pueden comenzar a planificar las instalaciones con el mismo concepto con el que los ingenieros de diseño planifican el objeto a producir; el personal de marketing aporta información sobre las previsiones de la demanda y las expectativas de los clientes en cuanto a calidad, precio y otras variables; los miembros de finanzas añaden los datos económicos para determinar la viabilidad de las soluciones y el personal de compras reporta datos sobre precios de materiales, rendimientos de máquinas y condiciones de los suministradores, pues no se puede olvidar que en el equipo no se integran la totalidad de los proveedores. Todo se realiza simultáneamente, cooperando para disminuir los costes, reducir el número de piezas y aumentar la calidad, por lo que exige una mayor *definición del producto*, de forma que las modificaciones se lleven a cabo en la fase de diseño (antes de que se produzcan el prototipo o las muestras de producción).

Las metas deben establecerse desde el principio, han de ser realistas, al mismo tiempo que se ha de concienciar a los miembros del grupo sobre los objetivos concretos: cero defectos, estandarización del diseño, etc.

c) *Desarrollo simultáneo del producto.*

Tradicionalmente las especificaciones de un producto se definen mediante la investigación de mercados; esto puede provocar una desviación entre lo que realmente espera el cliente y lo que se le proporciona, pues el personal de marketing puede plantear las cuestiones de modo que reciban las respuestas deseadas o bien puede realizar una interpretación sesgada de los datos para que satisfagan sus propios objetivos, es decir, no escuchan la verdadera opinión del cliente.

En un entorno de Ingeniería Concurrente el producto es definido por los clientes en su propio lenguaje, y esta descripción se transforma entonces en especificaciones de ingeniería, tal y como expone Juran; además la participación de un equipo multidisciplinar con distintas perspectivas permite refinar las especificaciones. Debido a que las expectativas y requisitos cambian rápidamente, es necesario convertir esta especificación en un producto en un breve horizonte temporal, pero esto no significa producir un prototipo en un breve plazo, de hecho es necesario realizar simulaciones con antelación, pero con esta metodología se pueden realizar en paralelo; el empleo de las nuevas tecnologías, como el sistema CAD —que se analizará posteriormente—, constituye un elemento fundamental.

Algunas de las simulaciones que se pueden efectuar en paralelo son:

- Simulaciones sobre posibles variantes de un producto para determinar factores tales como la resistencia estructural —para determinar su comportamiento ante esfuerzos de tracción, de compresión o su resistencia a los choques—, la aerodinámica y las tolerancias de las dimensiones.

- Simulaciones sobre procesos de fabricación, como el comportamiento del material ante el conformado, el mecanizado, el corte, la soldadura, etc.
- Simulaciones realizadas por el proveedor, también sobre variaciones de los componentes y sobre sus procesos de fabricación.

Aunque la planificación y las simulaciones incrementan los costes de las primeras fases, se reduce el coste global y el plazo que transcurre desde la fase de concepto a la de fabricación del producto. En las tablas 7.5 y 7.6 se exponen las diferencias de coste y tiempos entre los métodos tradicionales y la Ingeniería Concurrente correspondientes al sector de automoción japonés.

TABLA 7.5. Relación de costes de diseño (Hartley 1994).

PROPORCIÓN DE COSTES EN LAS FASES DE DISEÑO		
Fase	Ingeniería convencional	Ingeniería concurrente
Hasta maqueta-modelo	1	2
Prototipo	3	3
Fabricación	5	2

Aunque los costes de la Ingeniería Concurrente se incrementan en la primera fase, el coste global suele disminuir en un 20%, pues la planificación y el diseño habitualmente representan únicamente el 5% del coste total de un nuevo modelo.

En cuanto a los tiempos, aunque en la Ingeniería Concurrente se invierte la mayor parte del tiempo de diseño en las primeras fases, esto conlleva finalmente una reducción del 50% del tiempo total, lo que implica una capacidad para fabricar el doble de los productos que su competencia.

TABLA 7.6. Tiempos relativos al diseño (Hartley 1994).

HORAS DE TRABAJO DE DISEÑO		
Fase	Ingeniería convencional	Ingeniería concurrente
Concepto	10.000	20.000
Diseño	20.000	7.000
Rediseño	30.000	3.000
Total	60.000	30.000

Con la Ingeniería Concurrente, los últimos cambios de diseño no suelen realizarse después de un período superior a los doce meses antes del lanzamiento, en cuya fase la mayoría de ellos pueden solucionarse fácilmente.

d) *Puesta en práctica de la Gestión de la Calidad Total*

Como la Ingeniería Concurrente persigue una calidad que se garantiza desde el diseño, encaja dentro del concepto de TQM. Además el principio básico del TQM —la calidad es responsabilidad de cada empleado— es paralelo al principio básico de la Ingeniería Concurrente —la calidad del diseño concierne a todos los departamentos— y otros principios como el énfasis en realizar «las cosas correctamente a la primera», como apunta Crosby. Las empresas que han adoptado este enfoque se centran en la calidad no en las tolerancias.

La calidad en una organización es continua y comienza en los grupos de trabajo que emplean el QFD para definir las necesidades de los clientes; continúa desde el diseño a la fabricación, donde se verifica la calidad, y termina en los grupos de trabajadores que emiten sugerencias que complementan los datos registrados por el SPC de los equipos.

Con la Ingeniería Concurrente, el control de la calidad, se transfiere de la línea al grupo de trabajadores de diseño. La calidad se asegura por la explotación de la capacidad de los miembros de los grupos de trabajo y por las técnicas que emplean: SPC, QFD, Análisis del Valor, DFMA, AMFEC y Diseño de Parámetros y Tolerancias, que conduce a un diseño robusto no afectable por las variables del proceso de producción; todo ello va acompañado de la documentación completa en cada una de las fases, algo habitual en la gestión de la calidad.

La búsqueda de la calidad en el diseño persigue metas distintas a las de la calidad durante la fabricación, por lo que con la conjunción de ambos tipos de objetivos, se aseguran la compatibilidad de todos ellos. Así, la calidad de diseño asegura que se alcancen, entre otros, estándares adecuados de:

- Coste
- Fiabilidad
- Mantenibilidad
- Duración
- Estética
- Seguridad
- Rendimiento

Por otra parte la calidad durante la fabricación garantiza, entre otros aspectos, que el producto satisface:

- Las especificaciones técnicas de diseño
- Los parámetros de fabricación
- Las inspecciones o ensayos efectuados a lo largo del proceso

Es importante que la mejora de la calidad sea continua y se encuentre correctamente documentada, que incluya a todos los empleados y que muestre que se consiguen resultados rápidamente. Los responsables de las diversas actividades han de informar del progreso alcanzado respecto a la calidad para que los departamentos —incluidos los suministradores— conozcan las mejoras logradas y de esta forma, se impulse hacia objetivos más ambiciosos, que deberían ir dirigidos hacia la eliminación de todo tipo de fallos; en principio, dentro de un entorno de Ingeniería Concurrente deberían eliminarse los siguientes fallos:

Fallos internos:

- Los recursos dedicados durante la fase de diseño en el desarrollo de productos que jamás llegan a fabricarse.
- Los retrasos en fabricación por problemas ocasionados en las plantas del proveedor, que llevan a un incumplimiento de los plazos de entrega o al envío de material defectuoso.
- Los recursos invertidos en construir prototipos innecesarios.
- Las modificaciones demoradas en el diseño que hacen obsoletos los primeros trabajos o productos.
- Los stocks de materias primas, productos intermedios y productos terminados.
- Los materiales de desecho.
- Los productos acabados rechazados.

Fallos externos:

- Los costes de garantías.
- Los costes derivados por la responsabilidad civil de la empresa ante fallos de productos que atenten contra la seguridad.
- Los costes derivados de pérdidas de clientes por proporcionar un producto que no satisface sus necesidades.

En consecuencia, un aumento de la calidad lleva a un incremento de la productividad, lo que marca una diferencia entre este tipo de empresas y sus competidores.

e) Diseño y fabricación

Habitualmente, el coste de la ingeniería de diseño no excede del 5% del presupuesto total de un proyecto, por lo que en entornos de Ingeniería Concurrente, es posible incrementar este coste hasta un 10% si el resultado final lleva a la obtención de mayores beneficios, gracias a un mejor diseño, una mayor calidad y una fabricación más sencilla. En las tablas 7.7 y 7.8 se muestran datos del sector de automoción que reflejan la influencia de las actividades de diseño en los costes totales de la empresa y las reducciones provocadas en el beneficio como consecuencia de diversos problemas.

TABLA 7.7. Influencia de las actividades de diseño en los costes totales (Hartley, 1994).

INFLUENCIA DE LAS ACTIVIDADES DE DISEÑO SOBRE COSTES TOTALES		
	Coste relativo al tiempo de la fabricación (%)	Influencia sobre el coste global (%)
Actividades generales	30	5
Diseño	5	70
Personal	15	5
Materiales	50	20

TABLA 7.8. Relación entre la aparición de problemas y la reducción del beneficio (Hartley, 1994).

Problemas	Reducción del beneficio
Retraso de seis meses en el lanzamiento de un producto	33%
Incremento en un 9% del coste del producto	22%
Incremento en un 50% del coste del desarrollo del producto	3,5%

Luego, la prioridad más importante con un nuevo producto es su lanzamiento al mercado en el plazo previsto, pues su retraso reduce los beneficios de forma espectacular y esta disminución es superior a la ocasionada por un exceso en los costes de producción presupuestados. Además, la forma más eficiente de lograrlo es invirtiendo en la fase de diseño, pues su coste es pequeño frente a otras partidas, pero en cambio presenta una repercusión enorme con respecto al coste global. En términos genéricos, el sector del automóvil ha reducido los plazos de lanzamiento de cinco a dos años, para que sus modelos no queden obsoletos. No obstante, para acortar el tiempo de lanzamiento al mercado es necesario considerar también la factibilidad de las técnicas de producción, así como la coordinación en el tiempo de la introducción del producto y de la aparición de nuevas tecnologías.

Las técnicas recomendadas para el diseño del producto y de los procesos de fabricación son las siguientes:

SPC. Técnica que asegura que el funcionamiento de las máquinas permita producir componentes dentro de las tolerancias. La calidad empieza con las consistencias de los procesos. Los procesos estándares en todas las plantas aseguran las consistencias de los criterios mensurables y de los inmensurables. Los grupos de trabajo deben asegurar que los productos se diseñan de forma que puedan hacerse fácilmente, sin estar ajustando continuamente las máquinas.

QFD. La mejor técnica para definir con precisión el producto en la fase de diseño es el QFD, pues asegura que el producto satisface las necesidades del cliente, en la fase de concepto y en la de producción.

Análisis del Valor. Esta técnica permite reducir los costes de un producto pero incrementando sus prestaciones.

DFMA. Para que el DFMA sea realmente efectivo es necesario un enfoque de Ingeniería Concurrente, para que todo el equipo esté involucrado en el diseño, de forma que pueden considerarse las técnicas de simplificación de la producción antes del inicio del diseño.

AMFEC. Es otra técnica útil para eliminar las características de diseño deficiente. Su objetivo es identificar las áreas o ensambles que son más probables que den lugar a fallos del conjunto. El AMFEC es útil para evaluar si existe en un ensamble un número innecesario de componentes puesto que la interacción de un ensamble con otro multiplicará los efectos de un fallo, y también es útil para analizar el producto y el equipo que se utiliza para producirlo. Es complementario del QFD y el DFMA.

Diseño de parámetros y tolerancias. Esta técnica se puede emplear para optimizar los parámetros básicos y verificar los efectos de las variaciones en el montaje y en la fabricación. Fue desarrollada en 1950 por Taguchi durante su estancia en la empresa japonesa de telecomunicaciones NTT, para mejorar la productividad del diseño, pero también se aplica a la optimización de los procesos.

Taguchi investiga la forma de simplificar el diseño de ingeniería, con el objetivo de lograr un sistema capaz de seleccionar entre un número de especificaciones alternativas disponibles, la mejor, en términos de coste, rendimiento, etc. El enfoque básico es que el diseño ha de ser robusto, es decir apto para fabricar con buena calidad a pesar de las variables inevitables en el proceso de fabricación, y recibe la denominación de «control de calidad fuera de la línea» porque traslada la responsabilidad del control de calidad fuera de la línea de producción. Para Taguchi, la calidad incluye el diseño, los procesos de fabricación, la producción y el rendimiento en servicio del producto.

El producto ideal es aquel que nunca requiere atención, continúa funcionando adecuadamente hasta su desgaste y puede reciclarse cuando está completamente desgastado, por lo que además enlaza con la idea de la gestión medioambiental, como ya se expuso en el capítulo 6 al analizar la Función de Pérdida de Taguchi.

El primer principio se refiere a los parámetros básicos del diseño, y después se consideran los modos de lograr los valores o niveles óptimos de estos parámetros; por ejemplo, dentro de un proceso industrial, los parámetros o factores son la presión hidráulica y el tiempo de operación. Existen otras variables de fabricación, como la humedad, la temperatura, los horarios o el polvo, que pueden provocar defectos en la producción, que se denominan «variables ruido»; tanto para estas variables como los parámetros se definen los niveles de medida (por ejemplo, para tres niveles: alto, bajo o indiferente). Adopta el concepto de índice de señal/ruido para indicar si el resultado es o no aceptable.

Para llevarlo a la práctica se emplean las ordenaciones ortogonales que desarrollan la idea del análisis de la varianza (ANOVA o ADEVA) de Fisher. La intención es establecer un método para someter a un tratamiento estadístico a un número de variables con el número mínimo de pruebas. La ordenación ortogonal reduce el número de pruebas respecto al análisis de la varianza tradicional, lo que significa una gran aportación dentro de la industria. En la tabla 7.9 se muestran algunas de las ordenaciones ortogonales de Taguchi.

TABLA 7.9. Ordenaciones ortogonales.

ORDENACIONES ORTOGONALES DE TAGUCHI	
Número de factores y niveles	Ordenación ortogonal
3 factores * 2 niveles	L4
7 factores * 2 niveles	L8
4 factores * 3 niveles	L9
11 factores * 2 niveles	L12
15 factores * 2 niveles	L16
8 factores * 3 niveles	L18
6 factores * 5 niveles	L25
13 factores * 3 niveles	L27

El número situado junto a la letra «L» indica el número de pruebas que se requieren con la ordenación ortogonal para un determinado número de factores y niveles; como puede apreciarse, a pesar de todas las combinaciones posibles entre factores y niveles, siguiendo la metodología de Taguchi se simplifica el número de pruebas a realizar.

Se llevan a cabo pruebas de diversas combinaciones, incluidas las variaciones aleatorias (ruido de Taguchi). Una vez que se han identificado los mejores parámetros y variables, deben producirse una serie de ensayos para replicar los resultados.

Cuando se considera el diseño completo es necesario tener en cuenta el ruido externo (factores variables asociados al proceso) y el ruido interno (incluye el deterioro durante el almacenaje y el desgaste del uso).

Nuevas tecnologías. Los beneficios de la Ingeniería Concurrente aumentan al utilizar de los Sistemas Flexibles de Fabricación (FMS) que se caracterizan por la automatización de la ingeniería y de la fabricación. Los FMS emplean sistemas de diseño y fabricación asistidos por ordenador (CAD/CAM) e ingeniería asistida por ordenador (CAE) y se caracterizan por el empleo de máquinas-herramientas de control numérico, robots, los vehículos guiados por ordenador (AGV) y sistemas de almacenaje automático (AR/AS). Con un adecuado hardware y software pueden trabajar en paralelo personal de diversas especialidades. En la figura 7.9 se muestra un esquema de un sistema FMS.

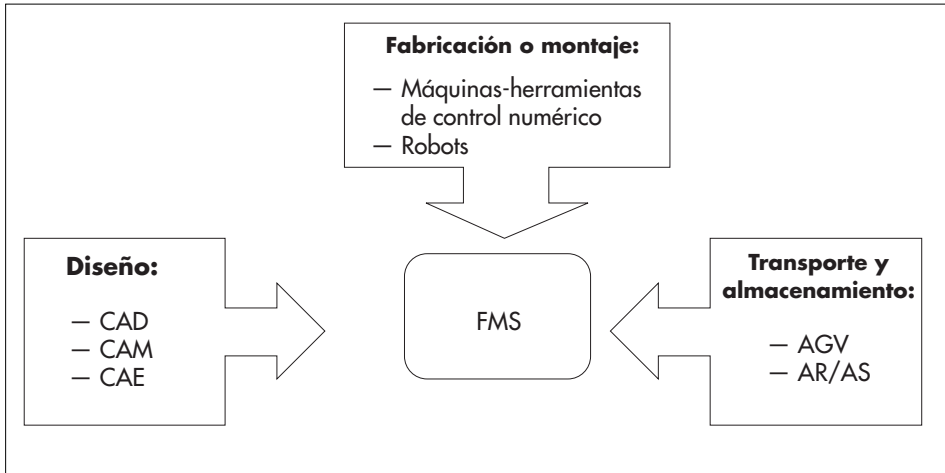


FIGURA 7.9. FMS.

Mientras que el CAD permite que la definición de las dimensiones y perfiles del dibujo se encuentren perfectamente delimitados, incluso en tres dimensiones. Aunque su funcionamiento es diverso, en función de la aplicación informática utilizada, es posible modificar y ensamblar elementos comunes como cilindros o cubos hasta obtener el modelo deseado. El CAE permite la realización de simulaciones concretas como por ejemplo, pruebas de choque, que muestran lo que sucede a determinadas estructuras e incluso a las personas que se encuentran en ellas, pruebas de acústica, de resistencia, térmicas o de vibraciones; algunas de estas simulaciones pueden efectuarse simultáneamente por diferentes especialistas, por lo que existe la oportunidad de investigar un gran número de variantes sobre un tema, mientras que los resultados se van analizando por el equipo multidisciplinar antes de que el proyecto se apruebe definitivamente. El CAM es el que va a transmitir las órdenes de fabricación o montaje a los equipos y para ello, previamente, se han considerado las operaciones que han de realizar, los cambios de herramientas necesarios, los tiempos de operación (de ejecución, de desplazamiento y de preparación), entre otras variables.

Por tanto, los equipos de fabricación llevan a cabo de forma automática, sin intervención manual, todo lo programado anteriormente, y se mantiene una sincronización con los AGV y AR/AS para que inicien sus tareas en el momento adecuado evitando la acumulación de stocks innecesarios.

Dentro de la Ingeniería Concurrente, para que la automatización sea realmente de utilidad, se han de cumplir las condiciones siguientes:

- Los miembros relevantes de la ingeniería del producto y de fabricación tienen acceso a las estaciones de trabajo de la red. Esto es especialmente importante puesto que permite que todos los departamentos trabajen en paralelo, y posean las últimas versiones conforme se desarrollan.

- La base de datos común, mantenida por la ingeniería de producto, es accesible a todos los departamentos. Esta base puede contener datos referentes a:
 - Los croquis para trabajos de prensa.
 - El mecanizado de cualquier componente.
 - Las dimensiones de accesorios requeridos para el ensamble, para el moldeo o para soldaduras.

En definitiva, el objetivo es la existencia de una base de datos comunes que esté disponible para todos los departamentos en la forma que cada uno necesite, y que estos datos se procesen automáticamente. Los datos deben estar disponibles como:

- Especificaciones técnicas de diseño.
- Especificaciones técnicas para los proveedores.
- Especificaciones de fabricación.
- Información relativa a los costes.
- Especificaciones del producto para el personal de marketing.

Luego se hace necesario un método integrado para almacenar, mantener y proteger la base de datos.

Las ventajas adicionales suelen ser la creación de un menor número de prototipos, ante las simulaciones realizadas mediante ordenador y unos tiempos menores durante la realización de las diversas tareas por los equipos de fabricación se reduce el tiempo de preparación en el cambio de herramientas. Todo ello conduce a una disminución de los plazos de lanzamiento, que como se mencionó anteriormente, es una de las prioridades actuales.

A modo de síntesis, en la tabla 7.10 se recopilan el conjunto de técnicas citadas junto con los medios principales que utilizan y su objetivo final.

TABLA 7.10. Técnicas dentro de la Ingeniería Concurrente.

Técnica	Medios	Objetivos
SPC	Identificación de la variabilidad del proceso	Producción de piezas dentro de tolerancias
AMFEC	Identificación de los posibles fallos	Reducción del riesgo (seguridad)
Análisis del Valor	Identificación de las funciones del producto y sus componentes	Reducción de costes
QFD	Traducción de la voz del cliente al lenguaje técnico de la empresa	Satisfacción de los clientes (calidad)

TABLA 7.10. Técnicas dentro de la Ingeniería Concurrente. (Continuación)

Técnica	Medios	Objetivos
DFMA	Sustitución o modificación de la ubicación de piezas o cambio de materiales	Montaje y/o fabricación más rápidos
Diseño de parámetros y tolerancias	Realización de un número mínimo de prueba	Producto robusto
Nuevas tecnologías	Simulaciones paralelas y base común de datos	Flexibilidad en el diseño y la fabricación

f) Proveedores enfocados a clientes

Actualmente, las grandes empresas suelen mantener relaciones a largo plazo con sus proveedores, quienes les proporcionan cada vez un porcentaje mayor del total del producto, mientras que los fabricantes finales se limitan a realizar las actividades últimas de montaje. No obstante las estrategias que siguen son diversas, desde la *asociación*, estableciendo compañías conjuntas para la fabricación de determinados componentes; la *compra* de parte del capital del suministrador; o la *consolidación de las relaciones* pero siendo empresas independientes. Cada día es más habitual que los proveedores locales suministren pequeños lotes de productos durante varias veces al día, como sucede en el sistema JIT, lo que obliga a un esfuerzo en cuanto a los plazos de entrega y a la calidad de los componentes.

En consecuencia, es conveniente que los proveedores de equipos y componentes de primer nivel se involucren en el desarrollo del producto, de manera que obtengan información anticipada sobre sus necesidades de producción inmediatas y a su vez comuniquen al cliente las posibles dificultades en la fabricación de algunas piezas ante cambios de materiales o formas. Con todo ello, los proveedores disponen de un horizonte temporal mayor para llevar a cabo las simulaciones y las pruebas necesarias; como poseen con antelación la información, tiene la oportunidad de reducir los tiempos de fabricación de los equipos.

A su vez, el fabricante final logra ventajas adicionales como la obtención de un fuerte compromiso del proveedor; lo que puede redundar en una disminución de los costes de los componentes y una reducción significativa del tiempo de lanzamiento al mercado del nuevo producto.

Los proveedores de equipos de fabricación, además, pueden comunicar los datos que faciliten el diagnóstico de las máquinas e indicar los instrumentos de medida más adecuados para determinar el valor de algunos parámetros. Con ello se reducen los costes de la planificación del mantenimiento y es más sencillo determinar el momento idóneo para llevar a cabo la renovación de los equipos.

SEAT ha desarrollado un sistema que denomina MDC —Modular Design Concept— como un paso hacia la Ingeniería Concurrente, en el que están in-

volucrados los suministradores; de hecho los módulos complejos son diseñados junto con los proveedores quienes participan desde el momento de la concepción del vehículo (Hurtado, 1999).

C) **Análisis**

Esta metodología permite explotar toda la capacidad de los ingenieros de fabricación, pues al ser miembros activos de un equipo aportan conocimientos de nuevas tecnologías, sobre factibilidad de nuevos procesos y mejoras de plantas. De esta manera, contribuyen a la mejora del proyecto y aumentan la eficiencia de sus propias actividades. Pero para llevarlo a la práctica, se precisa seguir las siguientes directrices, que representan una recopilación de todo cuanto antecede:

- La delegación de las diferentes Direcciones de la empresa en el personal que participa en el proyecto.
- La estructuración formal de los equipos multidisciplinarios, con una definición de las funciones, asistencia habitual de todos sus miembros, respetando el desarrollo de la carrera profesional de todos ellos.
- La continuidad de la formación.
- La dedicación de tiempo preciso a los requisitos del cliente.
- La incorporación del personal técnico de los proveedores.
- El análisis de los procesos y de las necesidades y costes de producción previo a la realización del diseño formal.
- La verificación temprana del diseño básico, y si fuera necesario, solicitar la aprobación final del cliente.
- La realización de pruebas que proporcionen resultados sobre los posibles cambios introducidos en el diseño.
- La estimulación del trabajo en equipo.

Para que un proyecto de Ingeniería Concurrente se lleve a cabo con éxito es necesario estimular continuamente el cambio y ser conscientes de que la meta final es el éxito de la empresa.

7.6. CONSIDERACIONES

El conjunto de técnicas descritas a lo largo de este capítulo posee una serie de características comunes, como son:

- La necesidad del trabajo en equipo, puesta de manifiesto en el TPM y en la Ingeniería Concurrente, lo que es coherente con la filosofía de la

calidad total que promueve la participación mediante los círculos de la calidad y los equipos de mejora.

- La búsqueda de los cerros defectos, lo que mantiene afinidad con las ideas de Crosby, que se presenta en el poka-yoke.
- La búsqueda de soluciones ante los errores ocasionados por las máquinas mediante el poka-yoke o el TPM.
- La estandarización de los métodos de trabajo.
- La formación.
- La implicación de la Alta Dirección.
- Una mayor delegación de funciones en el personal.

De los puntos mencionados, la estandarización de los métodos de trabajo y la formación son además elementos presentes en las normas de aseguramiento de la calidad, ISO serie 9000. Por otra parte, como se ha observado en la descripción de las 5 s, la inspección sigue formando parte de la calidad, lo que no es contradictorio con el énfasis especial que el TQM realiza en la prevención.

BIBLIOGRAFÍA

- AGRIBUSINESS SOLUTIONS (1998). *HACCP & Sanitation SOP*; <http://www.usda-compliance.com/HACCP.htm>, diciembre.
- CREUS, A. (1992). *Fiabilidad y seguridad. Su aplicación en procesos industriales*. Marcombo Boixareu Editores, Barcelona.
- DIRECTIVA 93/43/CEE del Consejo, de 14 de junio de 1993, relativa a la higiene de los productos alimenticios. DOCE L 175, de 19 de julio de 1993.
- HARTLEY, J. R. (1994). *Ingeniería Concurrente*. TGP-Hoshin, Madrid.
- HUGE, E. C. (1990). *Calidad de conformidad con el diseño*. En *Calidad Total. Una Guía para directivos de los años 90* de Ernst & Young. Págs. 141-162. TGP, Tecnologías de Gerencia y Producción, S.A., Madrid.
- HURTADO, M. (1999). *Modular Design Concept (MDC): one step forward in simultaneous engineering*. 43rd European Quality Congress, proceedings book, págs. 153-159.
- MONDEN, Y. (1996). *El Just in time hoy en Toyota*. Ediciones Deusto, S.A., Bilbao.
- MINER (1995). *Manual para la implantación de una gestión racional del mantenimiento industrial*. Ministerio de Industria y Energía. Dirección General de Tecnología Industrial. Centro de Publicaciones, Madrid.
- NAKAJIMA, S. (1991). *TPM. Programa de desarrollo. Implantación del mantenimiento productivo total*. Tecnologías de Gerencia y Producción, S.A., Madrid.
- NAKAJIMA, S. (1993). *Introducción al TPM. Mantenimiento Productivo Total*. Tecnologías de Gerencia y Producción, S.A., Madrid.
- NEVINS, J. L. y WHITNEY, D. E. (1989). *Concurrent Design of Products and Processes*. McGraw-Hill Publishing Company.
- NIKKAN KOGYO SHIMBUN, LTD./FACTORY MAGAZINE (1988). *Poka-Yoke. Improving product quality by preventing defects*. Productivity Press, Portland, Oregon.
- PFEIFER, T. y TORRES, F. (1999). *Manual de Gestión e Ingeniería de la Calidad*. Mira Editores, Zaragoza.
- QUALITAS HODIE (1999). *El caso práctico de Fagor Electrodomésticos*. Qualitas Hodie, mayo, págs. 297-304.
- RODRÍGUEZ, J. R. (1990). *Mantenimiento Productivo Total*. En *Calidad Total. Una Guía para directivos de los años 90* de Ernst & Young. Págs. 163-172. TGP, Tecnologías de Gerencia y Producción, S.A., Madrid.
- SHINGO, S. (1986). *Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-yoke System*. Productive Press, Cambridge, Massachusetts.
- TAGUCHI, G. (1986). *Introduction to quality engineering*. Asian Productivity Organization, Tokyo.

EJERCICIOS

EJERCICIO 7.1

En un centro de trabajo hay una máquina especialmente importante para el proceso de montaje, por lo que se realiza un mantenimiento preventivo; evidentemente cada vez que se avería dicha máquina también se repara. Independientemente de las características de diseño de la máquina, ¿es posible mejorar la **eficacia del equipo**? Señale cómo lo llevaría a cabo.

Solución propuesta

La eficacia del equipo puede incrementarse a través de un aumento de la disponibilidad, la eficacia de funcionamiento y la tasa de calidad, en definitiva, implantando un sistema TPM.

EJERCICIO 7.2

En uno de los componentes de un equipo en funcionamiento se ha disminuido el MTBF, ¿afectaría a la mantenibilidad del producto?

Solución propuesta

La disminución del MTBF solamente afecta a la mantenibilidad si repercute sobre el MTTR; en caso de ser así, esta reducción es positiva y probablemente se ha logrado mediante acciones como la formación de los operarios o la implantación de las 5 s, por ejemplo.

EJERCICIO 7.3

Una empresa ha recibido dos ofertas relativas a los equipos requeridos para el intercambio electrónico de datos con los proveedores; la oferta 1 es de precio inferior y presenta una fiabilidad de 0,9878, obtenida mediante prueba truncada para un período de 1.000.000 horas y la oferta 2 sensiblemente más cara tiene una fiabilidad de 0,9987, obtenida también mediante prueba truncada para un período de 100.000 horas. ¿Qué oferta recomendaría aceptar a esta compañía?

Solución propuesta

Como las fiabilidades están calculadas para distintos períodos temporales (1.000.000 y 100.000 horas) no es posible compararlas directamente.

EJERCICIO 7.4

De un área de un proceso productivo se conocen los datos mostrados a continuación:

Fases	Operaciones	Tiempo de carga	Tiempo de averías	Tiempo de ajuste de útiles	Tiempo de ciclo teórico	Cantidad procesada	Factor de defectuosos (%)
Corte	A	5	1,5	1,1	1,7	200	1
	B	3	1,2	0,1	1,7	200	1
Acabado	C	1	0,1	0	1	200	0
	D	2	0,2	0,1	1	200	0

Determine la eficacia total para el corte, para el acabado y proponga acciones de mejora.

Solución propuesta

La *disponibilidad* se halla mediante el cálculo previo de los tiempos de operación:

	Tiempo de carga	Tiempo de operación
Operación A	5	$5 - 2,6 = 2,4$
Operación B	3	$3 - 1,3 = 1,7$
Corte	8	Total = 4,1
Operación C	1	$1 - 0,1 = 0,9$
Operación D	2	$2 - 0,3 = 1,7$
Acabado	3	Total = 2,6

En consecuencia, se obtienen los siguientes valores:

Disponibilidad (Corte) = $4,1 / 8 = 0,5125$; es decir, de un 51,25%

Disponibilidad (Acabado) = $2,6 / 3 = 0,8666$; es decir, de un 86,66%

En el cálculo de la *eficiencia de funcionamiento*, además de considerar el tiempo de ciclo teórico que es conocido *a priori*, es preciso emplear el tiempo de operación hallado anteriormente.

— Tiempo de ciclo teórico (Corte) = 1,7

— Tiempo de ciclo teórico (Acabado) = 1

Luego, la eficiencia se corresponde con los siguientes valores:

Eficiencia de funcionamiento (Corte) = $(1,7 * 200) / 4,1 = 82,92\%$

Eficiencia de funcionamiento (Acabado) = $(1 * 200) / 2,6 = 76,92\%$

La *tasa de calidad* se determina conforme a las operaciones siguientes:

$$\text{Tasa de calidad (Corte)} = [(200 - 2) / 200] * 100 = 99\%$$

$$\text{Tasa de calidad (Acabado)} = [(200 - 0) / 200] * 100 = 100\%$$

Por tanto la **eficacia** resultante del producto de la disponibilidad, la eficiencia y la tasa de calidad es la siguiente:

$$\text{Eficacia (Corte)} = 0,5125 * 0,8292 * 0,99 = 0,4207; \text{ es decir, un } 42,07\%$$

$$\text{Eficacia (Acabado)} = 0,8666 * 0,7692 * 1 = 0,6666; \text{ es decir, un } 66,66\%$$

Ambas eficacias son bajísimas, a pesar de mantener una excelente tasa de calidad, por lo que se deben emprender acciones de mejora, fundamentalmente aquellas relacionadas con la disminución del tiempo de parada, pues este parámetro da lugar a una disponibilidad muy pequeña. Quizá sería recomendable iniciar acciones de mantenimiento preventivo.

EJERCICIO 7.5

En un taller de reparaciones de vehículos pesados se produce una gran cantidad de residuos procedentes fundamentalmente del serrín que se esparce en la superficie del suelo para evitar que los empleados resbalen.

El responsable del taller, una persona concienciada con los problemas medioambientales, ha pedido a los trabajadores que limiten en lo posible el empleo del serrín, pero éstos aducen que es tal la grasa de la que se impregna el suelo cada día, que éste es el medio más sencillo que han encontrado para garantizar su seguridad y no lamentar posibles caídas.

A la pregunta de si toda esta grasa tiene origen en un mal funcionamiento de alguna de las máquinas del taller, es respondido que no; es sencillamente, el resultado de las operaciones de reparación y mantenimiento que efectúan cada día, por lo que es difícil solventar el problema de los residuos.

Señale la técnica de mejora que recomendaría al responsable del taller para paliar esta situación.

Solución propuesta

En principio, la técnica que puede adaptarse a esta situación es la implantación de las 5 s, pues uno de sus objetivos fundamentales es la limpieza. Pero además, la organización de cada puesto de trabajo y el mantenimiento del orden pueden ayudar a paliar la situación.

Mediante la formación adecuada, sería conveniente familiarizar a los empleados con la filosofía y las técnicas de la calidad, con el objeto de que intenten averiguar la causa última de los problemas. En este caso, los trabajadores evitan las caídas, pero no toman las medidas necesarias para prevenir la presencia de grasa, pues parece que lo consideran consubstancial a su actividad.

EJERCICIO 7.6

Un engranaje helicoidal ha de ser fabricado por tres máquinas: un torno, una fresadora y una máquina para dentar el engranaje. Con este proceso se desperdicia un 80% del material en viruta, por lo que se ha propuesto una solución alternativa, que consiste en la utilización de un engranaje recto más un anillo, lo que llevaría a una disminución del desperdicio del material. Para la fabricación de estas nuevas piezas se requiere una sola máquina, que implicaría unos costes menores de producción.

(Extracto de un caso práctico presentado en el primer Congreso de Ingeniería Concurrente en 1990, citado por Hartley, 1994).

Analice los cambios mencionados dentro de un entorno de Ingeniería Concurrente.

Solución propuesta

Debido a que las mejoras alcanzadas han sido provocadas con un incremento del número de piezas, la solución alternativa es consecuencia de una visión conjunta del diseño de la pieza más el proceso de fabricación. Sin ambas perspectivas difícilmente se habría alcanzado la mejora.

Capítulo 8
TÉCNICAS DE MEJORA DE GESTIÓN

INTRODUCCIÓN

Aunque en el capítulo anterior se mencionaron algunas técnicas como el TPM o la Ingeniería Concurrente que requieren de la participación de diversos departamentos de la empresa, su utilidad está limitada a las empresas de fabricación; además, existen otras metodologías, adecuadas también para las empresas de servicios, que persiguen la mejora de la gestión bajo ópticas distintas, como son el Benchmarking, la Reingeniería y la Gestión del Conocimiento.

8.1. BENCHMARKING

A) Concepto

El Benchmarking o emulación o evaluación comparativa es un proceso continuo de medición y evaluación de los niveles de calidad de una empresa en comparación con los mejores resultados conseguidos por otras compañías, ya sean éstas competidoras directas o no. Busca no sólo determinar en qué medida son mejores los otros, sino la manera en que lo han logrado («el cómo»).

Una de las ventajas principales de utilizar esta técnica es que su campo de acción no se limita sólo a la competencia directa, por lo que se pueden absorber también las mejores prácticas de los no-competidores, teniendo en cuenta, además, que el acceso a la información de un no-competidor es mucho más fácil, pues se puede producir sin recelos un intercambio de la misma.

Esta técnica surge en la década de los 70 en Xerox Corporation y fue ideada por Robert Camp, un directivo de la misma. Su utilización desde entonces ha sido progresiva y su importancia queda reflejada al ser uno de los criterios considerados en algunos modelos de la calidad, como el Malcolm Baldrige en Estados Unidos. Por otra parte, distintas compañías han logrado mejoras notables con el empleo de esta metodología como la propia Xerox Corporation, Motorola, Boeing, Digital Equipment Corporation o Renfe. También es otra de las técnicas de mejora de la calidad reflejada en la norma UNE 66904-4.

El Benchmarking actúa sobre productos, servicios, procesos y métodos. Las áreas de comparación pueden ser con:

- Departamentos de la propia organización, tomando como referencia los que han logrado mayor rendimiento en sus actividades o bien plantas de la empresa ubicadas en otro lugar, ya estén dedicados a una actividad similar o ya sea una línea de negocio diferente. Es el Benchmarking Interno.
- Competidores líderes en el mismo segmento de mercado. En este caso es realmente difícil conseguir datos sobre la competencia, pero siempre es posible lograr cooperación con empresas superiores que buscan a su vez aprender de su proveedor. Es habitual en la banca para determinar las acciones que satisfacen al cliente (Cook, 1995). Recibe el nombre de Benchmarking Competitivo.
- Organizaciones involucradas en campos afines a la actividad de la empresa, pero no representan una competencia directa. Es el Benchmarking Funcional.
- Organizaciones de un sector cualquiera que se considera que realizan las mejores prácticas. Se denomina Benchmarking Genérico.

En la tabla 8.1 se sintetizan los diferentes tipos de Benchmarking:

TABLA 8.1. Tipos de Benchmarking y áreas de comparación.

Benchmarking Interno	Benchmarking Externo	
— Departamentos	Benchmarking Competitivo	— Competidores directos
— Otras plantas afines	Benchmarking Funcional	— Organizaciones afines
— Otras líneas de negocio	Benchmarking Genérico	— Las mejores prácticas

Las magnitudes habituales que se estudian son los costes, la calidad, los tiempos y la satisfacción del cliente.

B) Desarrollo

Para llevar a cabo el proceso de Benchmarking se desarrollan las siguientes fases: planificación, análisis e implantación; cada una de ellas se desglosa en un conjunto de acciones, como se va a exponer a continuación; no obstante, aunque la metodología de esta técnica difiere según las empresas que la apliquen, en este apartado se han recogido las acciones más habituales.

a) Fase de Planificación

La realización de la fase de planificación incluye una serie de etapas:

- Identificación del objeto de Benchmarking. Se eligen las funciones objeto del estudio y se determina exactamente a qué productos, servicios, procesos o métodos afectan. También, se definen todos los objetivos del proyecto con una visión de superación de la situación de la empresa, pero de forma realista para que éstos puedan ser alcanzados.

Después se realiza un plan de tiempos y actividades a ejecutar y se seleccionan las magnitudes a evaluar y se definen los criterios de valoración.

Como siempre, es necesario partir de las necesidades de los clientes, y éstas a su vez traducirlas al lenguaje interno de la empresa (para ello, puede utilizarse el método QFD). Se deben considerar, no obstante, factores como:

- El entorno: reglamentos, normativa, posición competitiva, etc.
- Los condicionantes internos de la propia empresa.

A su vez, se determina cómo se van a obtener los datos necesarios para la ejecución del proceso (mediante publicaciones nacionales o internacionales o revistas especializadas).

- Elección del socio. Se buscan las/os empresas/departamentos líderes en la materia objeto de estudio, y se decide si es necesaria la comparación con competidor directo o no. Pueden buscarse empresas que operen en otras áreas geográficas. En este sentido, la Red de Intercambio de Experiencias sobre Calidad creada por el IGAPE —Instituto Gallego de Promoción Económica— ha propiciado la contrastación de las prácticas de empresas de diferentes sectores y tamaños (Prado, 1998).

Camp (1995) recopila las empresas que mantienen las mejores prácticas en determinadas actividades; algunas de estas organizaciones figuran en la tabla 8.2

TABLA 8.2. Las mejores prácticas.

ACTIVIDAD	EMPRESA
Benchmarking	Xerox, Digital Equipment, IBM, ATT, Ford, Motorola
DFMA	Digital Equipment, NCR
Formación a los trabajadores	Disney, Ford, General Electric
Gestión de materiales	Dupont, General Electric, IBM, Motorola, Xerox
Mantenimiento de equipos	Disney
Minimización de residuos	Dow Chemical, 3M

b) *Fase de Análisis*

Recopilación de los datos sobre los mejores. Se realizan visitas o encuestas a empresas, se organizan convenciones (esto último es muy práctico si se trata de organizaciones del mismo sector, pues todas pueden estar interesadas

en un intercambio de información), ferias industriales, informes anuales, publicaciones, etc. Algunas instituciones en las que se pueden encontrar referencias sobre las mejores prácticas, celebración de congresos o diversas publicaciones que pueden ser de utilidad en la aplicación del Benchmarking, figuran a continuación junto con sus direcciones de internet:

- Asociación Española para la Calidad (AEC); <http://www.aec.es>
 - Club de Gestión de Calidad; <http://www.clubcalidad.es>
 - EFQM; <http://www.efqm.org>
 - EOQ; <http://www.eoq.org>
 - ISO; <http://www.iso.ch>
- Evaluación de las diferencias entre rendimientos. Se estudian las diferencias detectadas entre los rendimientos de la empresa líder y de la propia, y se buscan las causas que originan estas desigualdades.

Es importante valorar las discrepancias observadas entre aspectos como los costes, la calidad y los tiempos. Una vez analizadas estas causas se buscan vías para mejorar la función objeto de estudio, intentando adoptar a la propia empresa la forma en que la realizan los líderes.

- Proyección de la acción de futuro que se va a emprender. Se han de analizar las tendencias existentes de esta acción a lo largo del tiempo.

c) *Fase de Implantación*

- Comunicación a los interesados. Para llevar a cabo la implantación de las acciones, hay que comunicar a los interesados los resultados obtenidos. Lo mejor para llevar a cabo las mejoras, es que los responsables de los departamentos implicados hayan participado en todo el proceso.
- Desarrollo de planes. Posteriormente, se diseña un plan operativo para efectuar todas las mejoras, por medio de un equipo designado para ello.
- Implantación de los planes, es decir, la puesta en práctica de todo lo planificado.
- Verificación del progreso. Una vez ejecutadas las acciones es necesario medir los resultados obtenidos con ellas, habitualmente en términos de coste, tiempos o satisfacción del cliente.
- Recalibración del Benchmarking, es decir, institucionalizar esta metodología en toda la organización, para lo cual es esencial que se vea respaldada por la Alta Dirección.

Todo el proceso descrito debe ser continuo, y el ciclo de evaluación comparativa debe iniciarse en cuanto surja una oportunidad para ello. Por tanto,

el Benchmarking es una técnica clave dentro de la implantación del TQM, que enlaza de nuevo con el ciclo PDCA, según consta en la tabla 8.3:

TABLA 8.3. Etapas del Benchmarking y el Ciclo PDCA.

Etapas	PDCA	Responsabilidad
Identificación del objeto de Benchmarking	P	Dirección
Elección del socio	P	Dirección
Recopilación de los datos sobre los mejores	D	Equipo de Benchmarking
Evaluación de las diferencias entre rendimientos	D	Equipo de Benchmarking
Proyección de la acción de futuro a emprender	D	Equipo de Benchmarking
Comunicación a los interesados	D	Equipo de Benchmarking
Desarrollo de los planes	D	Dirección
Implantación de los planes	D	Responsable del proceso
Verificación del progreso	C	Responsable del proceso
Recalibración del Benchmarking	A	Dirección

Elaborada a partir de Castillo (1998).

C) Análisis

Como consecuencia de lo anterior, el proceso de benchmarking aporta un conjunto de beneficios como son el mejor conocimiento de la propia empresa, de sus productos y procesos, facilita el aprendizaje continuo mediante la transferencia de las mejores prácticas en todas las áreas y vincula directamente la gestión con los resultados al ser necesaria la evaluación periódica.

Las técnicas de mejora de la calidad analizadas en esta obra son de aplicación en el proceso de Benchmarking, tal y como se expone en la tabla 8.4.

TABLA 8.4. Etapas del Benchmarking y técnicas de mejora de la calidad.

ETAPAS TÉCNICAS DE MEJORA	Identificación del objeto de Benchmarking	Elección del socio	Recopilación de los datos sobre los mejores	Evaluación de las diferencias entre rendimientos	Proyección de la acción	Comunicación a los interesados	Desarrollo de los planes	Implantación de los planes	Verificación del progreso	Recalibración del Bencharking
Hoja de recopilación de datos	✓	✓	✓	✓				✓	✓	✓
Diagrama causa-efecto	✓	✓		✓			✓	✓		✓
Histograma				✓	✓					
Estratificación				✓	✓					
Diagrama de correlación				✓	✓					
Diagrama de Pareto	✓	✓		✓	✓			✓		
Gráficos de control								✓	✓	
Diagrama de afinidad	✓	✓	✓					✓		

(Continuación)

ETAPAS TÉCNICAS DE MEJORA	Identificación del objeto de Benchmarking	Elección del socio	Recopilación de los datos sobre los mejores	Evaluación de las diferencias entre rendimientos	Proyección de la acción	Comunicación a los interesados	Desarrollo de los planes	Implantación de los planes	Verificación del progreso	Recalibración del Berchmarking
Diagrama de árbol	✓				✓			✓		
Diagrama matricial		✓	✓	✓	✓	✓	✓			
Diagrama de flechas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Diagrama de relaciones	✓							✓		
Matriz de análisis de datos		✓		✓				✓		
Brainstorming	✓	✓	✓			✓	✓	✓		✓
Diagrama de flujo	✓			✓		✓		✓		✓
QFD	✓			✓	✓			✓	✓	

Elaborado a partir de Camp (1995, pág. 137).

8.2. REINGENIERÍA DE PROCESOS

A) Concepto

La Reingeniería de procesos o BPR (Business Process Reengineering) supone un cambio profundo en la forma de trabajar con el objetivo de alcanzar mejoras radicales en términos de coste, calidad, cuota de mercado y rendimiento de la inversión. Los consultores Mickel Hammer y James Champy han sido los inspiradores de esta técnica en la década de los 90, que surge ante la necesidad de alcanzar a los competidores cuando se han alejado demasiado y la mejora continua ya no es la solución; esta diferencia se expone en la figura 8.1.

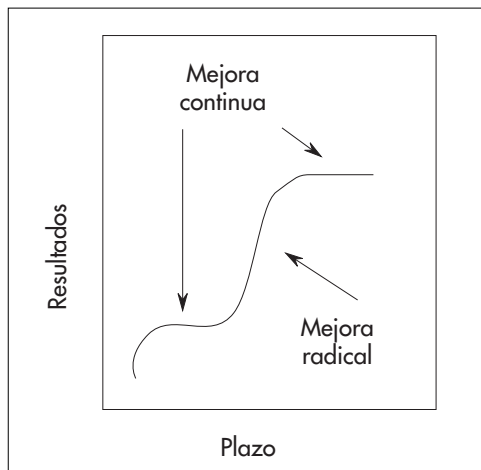


FIGURA 8.1. Mejora radical frente a mejora continua.

Esta técnica asume los siguientes principios:

- Búsqueda de mejoras drásticas en los resultados.
- Visión general del proceso con sentimiento de cambio, en lugar de mejora. Para llevarlo a cabo es necesaria una cultura de cambio en la organización, con lo que la formación se convierte en el pilar esencial.
- Compromiso de la Alta Dirección. Este aserto es asumido por el TQM, y como se ha expuesto en el capítulo 1, forma parte de las teorías de Deming, Juran y Crosby.
- Procesos horizontales, con relaciones interfuncionales para evitar duplicidades en las tareas. Empresas como General Electric, Motorola, Kodak, IBM, Xerox han aplicado este principio (Huidobro, 1997).
- Empowerment o la delegación de un mayor número de funciones a los empleados. Una empresa de seguros ha disminuido el tiempo de extensión de una póliza de 24 a 2 días, mediante la asignación de la res-

ponsabilidad de la gestión de la póliza, desde su entrada hasta su salida, a una sola persona; de esta manera ha suprimido la intervención de 14 departamentos diferentes (Huidobro, 1997).

- Enfoque hacia el cliente. Éste es otro de los principios claves del TQM y una de las características del modelo Malcolm Baldrige desde su origen.
- La incorporación de los cambios tecnológicos que permitan agilizar los procesos. La «Banca di America e Italia» mantiene sucursales con tres empleados como máximo, a través de la informatización, del incremento de tareas asignadas a cada puesto de trabajo —empowerment— y de la transformación radical de sus procesos (Huidobro, 1997).
- Empleo de técnicas de mejora de la calidad, tales como el proceso de resolución de problemas, el Benchmarking o cualquiera de las analizadas a lo largo de este libro.

Con independencia de los ejemplos citados anteriormente, entre las empresas que han llevado a cabo proyectos de Reingeniería con éxito se encuentran ATT, Siemens, Nixdorf Service o la Banca di America e Italia (Hall, Rosenthal y Wade, 1993).

B) Desarrollo

Las fases para llevar cabo el rediseño de los procesos comprende (Córdoba, 1995) la identificación de los procesos, la selección de los procesos clave, la constitución de un equipo de trabajo, el conocimiento del proceso actual y finalmente el rediseño del proceso.

- a) *La identificación de los procesos.* Es el elemento primario puesto que el rediseño se dirige a los procesos y no a la organización, por lo que es necesario señalar todos ellos y describir las tareas que los componen. En esta fase es conveniente recurrir a los diagramas de flujo pues permiten visualizar el proceso en su globalidad.
- b) *La selección de los procesos clave.* De todos los procesos de los que consta la organización es necesario detectar aquellos de importancia estratégica para la empresa y donde se presentan disfunciones.

La identificación de los procesos clave ha sido una preocupación constante en las empresas que han adoptado un sistema TQM, de hecho el modelo EFQM contempla esta problemática en su criterio «Procesos».

- c) *La constitución de un equipo de trabajo.* Es recomendable que este grupo esté integrado por personas involucradas en el proceso para que aporten su conocimiento del mismo y por personas ajenas de forma que contribuyan con nuevas perspectivas al no estar condicionadas por el trabajo que realizan; como se describe en el capítulo 5, la inclusión del personal ajeno al tema a tratar es recomendado en la metodología de resolución de problemas. Todas ellas han de poseer una formación elevada y tener poder de decisión dentro de la empresa.

- d) *El conocimiento del proceso actual*. A causa de que el objetivo es el rediseño del proceso no su mejora, es necesario averiguar:
- Qué realiza el proceso.
 - Qué tareas componen el proceso.
 - Quién lleva a cabo las tareas, por qué las realiza y para qué.
 - Qué aporta el proceso a la organización y a los clientes.
 - Qué proporciona el proceso a los clientes.
 - Qué quieren los clientes de ese proceso.
 - Qué modificaciones son necesarias en el proceso para cubrir las expectativas de los clientes.
 - Qué deficiencias se han encontrado en el proceso: costes elevados, tareas que no incorporan valor, cuellos de botella...
- e) *El rediseño del proceso*. Para lograrlo es necesario considerar:
- A los competidores, mediante acciones de Benchmarking.
 - La búsqueda de nuevos métodos de trabajo.
 - La integración de los procesos.
 - La informatización eficiente de los procesos.

C) Análisis

Los resultados de la Reingeniería se observan a largo plazo, al menos en un horizonte de dos años, y sin ese planteamiento, es difícil llevar a cabo el proyecto con éxito. Además en el estudio de Hall, Rosenthal y Wade (1993) sobre empresas que habían iniciado proyectos de Reingeniería, se encontraron cinco factores comunes en aquellas que habían obtenido éxito: establecer objetivos ambiciosos en cuanto a los resultados del proyecto, comprometer entre un 20 y un 50% del tiempo del director de la empresa, revisar las necesidades de los clientes y las tendencias del mercado, asignar un directivo adicional durante la fase de implantación y comenzar por un amplio proyecto piloto.

Aunque su difusión ha sido mayor en grandes organizaciones de servicios, también permite mejoras dentro de las PYME industriales pues como plantean Ochoa, Arana y Zubillaga (1997) permite actuar sobre el sistema decisional, es decir, sobre las funciones jerarquizadas, las variables de control, los procedimientos y criterios para la programación y el lanzamiento de pedidos, donde se suelen plantear serios problemas.

8.3. GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

A) Concepto

Debido a que el conocimiento es uno de los activos intangibles más im-

portantes de los que posee una organización, su gestión se ha convertido en una necesidad, ante un entorno cambiante y con el objetivo de facilitar la adaptación a estos cambios. El conocimiento es reconocido por algunas empresas como la nueva arma competitiva del futuro.

La Gestión del Conocimiento ha sido llevada a cabo bajo diferentes perspectivas, mientras en occidente se ha dirigido hacia la innovación prácticamente como un procesamiento de la información, en las empresas japonesas ha imperado la idea de la acumulación del conocimiento al estandarizar muchos de sus métodos y a su difusión dentro de la organización, y todo ello acompañado de mejoras graduales. Esto último enlaza con el concepto de kaizen que se analizó en el capítulo 1.

Dentro del concepto de conocimiento es preciso diferenciar entre conocimiento tácito y explícito. El primero se refiere al saber individual y a la experiencia personal por lo que es difícil de almacenar y transmitir, mientras que el segundo es aquél vinculado con la información por lo que es posible comunicarlo por medio de vocablos o números y también almacenarlo.

Según Nonaka y Takeuchi (1995) el proceso de generación de nuevos conocimientos atraviesa cuatro etapas, que representan un bucle cerrado:

- Socialización: supone la difusión del conocimiento de algunos miembros a otros dentro de la organización.
- Externalización: consiste en facilitar el aprendizaje a todos los miembros de la organización.
- Combinación: surge cuando el conocimiento se transforma en innovación.
- Internalización: supone la asunción de la innovación por las personas de la organización.

Algunas de las organizaciones que han iniciado esta actividad son IBM (Alio, 1999), el Grupo BBV en 1997 (Cabello, 1999) y la propia Comunidad de Madrid dentro de los Servicios Civiles (Moreno, 1999). Además el modelo europeo a la calidad, modelo EFQM, en su revisión para el año 2000 dirige su atención hacia el conocimiento y aparece en algunos de sus criterios, como en la «Gestión del personal» y en «Asociaciones y recursos» (EFQM, 1999); en el primero se contempla si las competencias y el conocimiento de los empleados son adecuados para la ejecución de su trabajo y en el segundo si se gestiona el conocimiento, mediante su adquisición, incremento y utilización.

B) Desarrollo

Algunos de los aspectos vitales para llevar a cabo la Gestión del Conocimiento son su identificación, su almacenamiento y su reutilización, según se muestra en la figura 8.2:

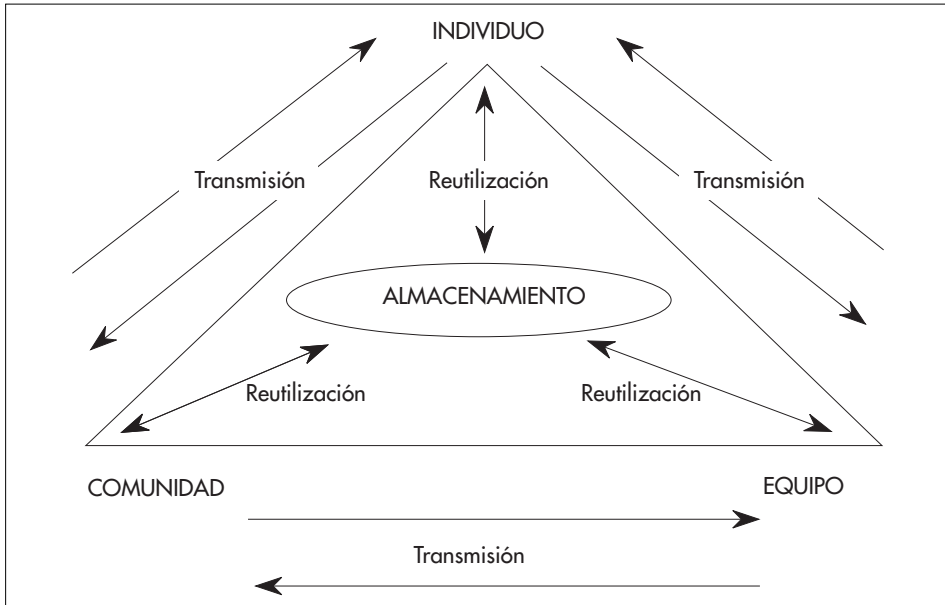


FIGURA 8.2. Gestión del conocimiento.

- a) *Identificación del conocimiento*, en diferentes niveles que comprende lo siguiente:
- Identificación del «saber hacer» en todas las áreas de la organización.
 - Desarrollo de las capacidades individuales de las personas.
 - Identificación de nuevas fuentes de conocimiento, incluyendo a proveedores, clientes, etc.
 - Transformación del conocimiento individual en conocimiento colectivo.
 - Promoción del conocimiento interno de la organización hacia el exterior: proveedores, clientes...

Con estas acciones se transfiere el conocimiento tácito en explícito, quedando ambos identificados y recopilados.

- b) *Almacenamiento del conocimiento*, de una manera estructurada que permita su uso cuando sea necesario. Para ello es imprescindible el uso de la tecnología que permita crear una base de datos que responda a las necesidades de los usuarios.
- c) *Reutilización del conocimiento*, lo que requiere la concienciación del personal, de que existe un conocimiento que puede ser explotado. De nuevo, la tecnología se convierte en el factor básico, pues la implantación de redes posibilita el acceso a todo el personal.

C) Análisis

En consonancia con lo anterior, se establece una relación entre los individuos, los grupos de la empresa y la comunidad en general, mediante el empleo de metodologías estructuradas que permiten compartir conocimientos. Los beneficios que han obtenido las organizaciones que lo han llevado a la práctica son fundamentalmente mayor flexibilidad organizativa y mayor comunicación, lo que redundará en una mayor satisfacción del cliente y del personal. Para ello es necesario que su gestión se encuentre integrada dentro de todos los procesos de la empresa.

8.4. CONSIDERACIONES

Del conjunto de técnicas de mejora analizadas, se ha comenzado por las más sencillas que requieren escasos conocimientos técnicos y de gestión y se ha llegado a técnicas más complejas que a su vez absorben a las primeras y necesitan de su utilización. La eficacia de cada una de ellas está en función del uso que realice la empresa.

A lo largo de la presente obra, se han considerado los modelos de calidad, Deming, Malcolm Baldrige y EFQM por la vinculación que mantienen con algunas de las técnicas mencionadas, pues además, estos tres modelos son utilizados cada día por más organizaciones y facilitan la autoevaluación como primer paso para la mejora.

En un estudio realizado por la revista *Qualitas Hodie* (1999), sobre las prácticas de las consultorías en España, sobre un total de 68 empresas, realizan asesorías sobre técnicas de calidad, las siguientes:

Técnica	N.º de consultorías
AMFEC	3
Aseguramiento de la calidad, ISO 9000	55
Auditoría externa	17
Auditoría interna	16
Benchmarking	10
Diagnóstico sobre calidad	23
Empowerment	3
Encuestas a clientes externos	10
Evaluación de la cultura de la empresa	2
Formación para la calidad	42
Just in time	2
Kaizen	1

Técnica	N.º de consultorías
Kanban	0
Las 5 s	4
Modelo Europeo de Calidad: Formación	18
Modelo Europeo de Calidad: Evaluación externa	21
Organización de equipos de mejora	21
Planificación de la calidad	7
Programas de mejora	18
QFD	4
Reingeniería	24
Sistema de gestión medioambiental, ISO 14001	30
TPM	5

Aunque algunas de ellas aún son ofrecidas dentro de los servicios de consultoría por pocas empresas, no es indicativo de una pequeña aplicación práctica, sino que ha quedado constancia a lo largo de la presente obra, estas técnicas comienzan a utilizarse en grandes empresas, desde las que se difunden a las PYME. Debido a que España es un país en el que la mayoría de las empresas son de pequeño y mediano tamaño, aún queda un largo camino por recorrer para obtener todo el potencial de estas técnicas.

BIBLIOGRAFÍA

- ALIO, L. (1999). *Knowledge Management*. 43rd European Quality Congress, proceedings book, págs. 315-320.
- CABELLO, E. (1999). *Mediciones del capital intelectual y gestión del conocimiento*. Qualitas Hodie, mayo, págs. 27-30.
- CAMP, R. C. (1995). *Business Process Benchmarking*. ASQC, Milwaukee, Wisconsin.
- CASTILLO, F. (1998). *Cómo implantar el Benchmarking en la empresa y cómo utilizarlo para la mejora de los procesos*. VII Congreso Español de la Calidad, libro de ponencias, págs. 95-102.
- COOK, S. (1995). *Practical Benchmarking*. Kogan Page Limited, London.
- CÓRDOBA, A. (1995). *Más allá del rediseño de procesos*. Harvard Deusto Business Review, mayo-junio, págs. 61-67.
- EFQM (1999). *The EFQM excellence model. Changes*; <http://www.efqm.org>
- HALL, G.; ROSENTHAL, J. y WADE, J. (1993). *How to make reengineering really work*. Harvard Business Review, november-december, págs. 119-131.
- HAMMER, M. y CAMPY, J. (1994). *Reengineering the corporation*. N. Breal Publishing.
- HUIDOBRO, A. (1997). *Organización por procesos: reingeniería*. Calidad, mayo-junio, págs. 28-31.
- MARTÍNEZ, J. C. (1998). «*Benchmarking*» estratégico competitivo: ser o no ser competente, mejor y más rentable. Forum Calidad, enero/febrero, págs. 18-22.
- MORENO, J. L. (1999). *Knowledge Management in the Comunidad de Madrid*. 43rd European Quality Congress, proceedings book, págs. 321-326.
- NONAKA, I. y TAKEUCHI, H. (1995). *The Knowledge-Creating Company*. Oxford University Press, New York.
- OCHOA, C.; ARANA, P. y ZUBILLAGA, F. J. (1997). *Reingeniería de las operaciones y los sistemas de las PYMES industriales*. VII Congreso Nacional de ACE-DE, Vol. III, págs. 470-479.
- PRADO, J. C. (1998). *Una experiencia de Benchmarking en gestión de la calidad: la red empresarial de intercambio de experiencias*. VII Congreso Español de la Calidad, libro de ponencias, págs. 103-109.
- QUALITAS HODIE (1999). *Guía de consultorías*. Qualitas Hodie, S. L. Mayo, págs. 46-49.
- UNE 66904-4 (1993). *Gestión de la calidad y elementos del sistema de la calidad. Parte 4: directrices para la mejora de la calidad*. AENOR, Madrid.

EJERCICIOS

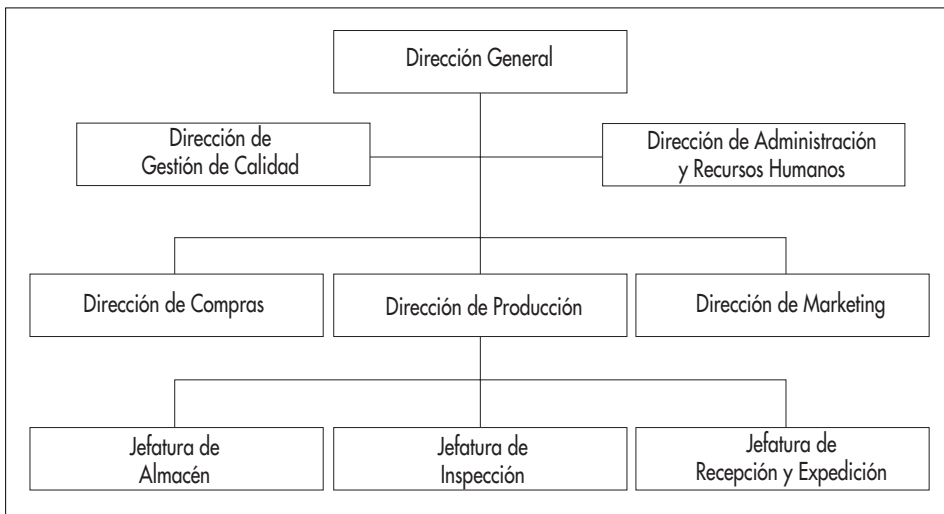
EJERCICIO 8.1

La empresa Polisa fabrica paneles traslúcidos, hechos de resinas poliéster y reforzados con fibra de vidrio.

Los paneles se fabrican en proceso continuo, el cual comprende la impregnación de la manta de fibra de vidrio con la resina poliéster entre láminas de celofán. El paso a través de un horno que tiene unos rodillos da forma al material y transforma la resina en un material duro.

Una vez que sale del horno el panel se corta según las medidas determinadas, y pasa a la zona de inspección, tras la cual, si ésta es satisfactoria, se procede a su envío al almacén.

El organigrama de la empresa es el siguiente:



Las principales características de los paneles son: peso ligero, gran resistencia, transmisión de luz, resistencia a la corrosión, resistencia a los golpes y facilidad de manejo (puede serrarse, clavarse y manipularse sin peligrosidad alguna).

Las aplicaciones de los paneles son fundamentalmente cubiertas y cerramientos de patios, tragaluces, invernaderos, particiones interiores para viviendas; en la industria se pueden utilizar en cubiertas, ventanas, particiones, cabinas de camiones y piezas para la industria de la automoción.

Polisa compra la fibra de vidrio, la resina y demás materiales a diversos proveedores repartidos por todo el territorio nacional.

Las principales funciones de las Direcciones de la empresa son las siguientes:

DIRECCIÓN GENERAL

- Dirigir la empresa para lograr los objetivos económicos y de calidad.
- Establecer y cuidar por el cumplimiento de la estrategia, planes de actuación y presupuestos.
- Definir y asegurar el cumplimiento de los objetivos de las direcciones y áreas básicas de la empresa.
- Definir la Política de Calidad.
- Definir la organización de la empresa.
 - Dimensionamiento de los recursos necesarios.
 - Propuesta de nombramientos, ceses y reorganizaciones en la estructura de la misma.
 - Selección y formación de personal.
- Definir la política de personal de la empresa.
- Establecer Comités o grupos de trabajo interdepartamentales para abordar asuntos concretos.

DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE CALIDAD

- Determinar la estructura documental que soporta el Sistema de Calidad (Manual de Calidad y documentación asociada).
- Establecer un plan para el tratamiento de las reclamaciones internas y externas.
- Establecer el plan de seguimiento del Sistema de Calidad, contemplando entre otros temas, un plan anual de mediciones para conocer las desviaciones que se producen.
- Programar e impulsar el desarrollo de programas de mejora continua de calidad de la empresa para la erradicación de fallos internos y externos, así como el desarrollo de proyectos piloto.
- Desarrollar y verificar el Sistema de Calidad como prioridad de la empresa.
- Divulgar el concepto de calidad como prioridad de la empresa.
- Elaborar el informe mensual de situación de la calidad en la empresa.
- Motivar al personal de la empresa en la búsqueda de los mejores niveles de calidad.
- Conocer y difundir la filosofía y las técnicas de Gestión de Calidad, promoviendo la formación de los recursos humanos de las mismas.

- Implantar los grupos de trabajo necesarios para alcanzar los objetivos previstos, coordinando su configuración y funcionamiento con los responsables operativos.
- Apoyar directamente o a través de colaboraciones externas, a las distintas áreas, facilitándoles el que consigan sus objetivos en materia de Gestión de Calidad.
- Difundir los resultados y conclusiones de los seguimientos y mediciones realizados, al objeto de hacer participar a toda la organización en el sistema de Mejora Continua de Calidad.
- Supervisar el establecimiento y efectuar el seguimiento de los sistemas de garantía de calidad aplicables a proveedores.

DIRECCIÓN DE ADMINISTRACIÓN Y RECURSOS HUMANOS

- Desarrollo de las actividades de gestión administrativa (expedientes personales, gestión de los procesos de contratación, etc.).
- Desarrollo de las actividades de gestión de nóminas y Seguridad Social.
- Desarrollo de las actividades de Relaciones Laborales.
- Desarrollo de selección y formación.
- Garantizar que los estados financieros de la empresa reflejan la veracidad de los datos económicos-contables.
- Realizar la contabilidad general para la elaboración de sus cuentas de resultados y balances en las fechas fijadas y con la máxima fiabilidad.

DIRECCIÓN DE COMPRAS

- Realizar un análisis sistemático de los sectores industriales proveedores de bienes y servicios.
- Lanzamiento de pedidos de suministros y verificación de entradas.
- Contratación, aprovisionamiento y gestión de logística del resto de materiales auxiliares de consumo.
- Seguimiento y control del presupuesto de compras siguiendo todos los pedidos y adquisiciones efectuadas.
- Seguimiento y certificación del cumplimiento de las condiciones contractuales por parte de los proveedores, contratistas y empresas administradoras de bienes y servicios.

DIRECCIÓN DE MARKETING

- Planificar y ejecutar la política comercial de la empresa.
- Gestionar y mantener las relaciones comerciales con los clientes y proveedores.

- Elaborar los documentos informativos.
- Facilitar a los clientes de los productos la información técnica sobre las características, aplicaciones y niveles de calidad de los distintos productos.
- Recepcionar las demandas y consultas de los clientes y canalizar los correspondientes informes.
- Informar al Director General de la demanda del mercado.
- Coordinar con la Dirección de Gestión de Calidad en los aspectos técnicos y de calidad.

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN

- Conseguir los objetivos de producción de la fábrica, de acuerdo con los requisitos de calidad establecidos.
- Preparar los procedimientos de producción necesarios para asegurar que los procesos se llevan a cabo en condiciones controladas.
- Conseguir los objetivos de mantenimiento con la calidad exigida.
- Controlar los datos e informes de productos y ensayos para evaluar su eficacia.
- Coordinar con la Dirección de Gestión de Calidad en todas las actuaciones relativas al Sistema de Calidad.
- Elaborar los informes de producción establecidos.

Polisa ha documentado su política de calidad y su sistemática de trabajo por medio de un Manual de Calidad, según la norma ISO 9001, pero aún no ha obtenido la certificación. De dicho Manual se ha obtenido el siguiente extracto del capítulo relativo a Compras. En él se describe la operativa que sigue la empresa, en la adquisición de bienes por parte de todas las Direcciones para asegurar que cumplen con los requisitos técnicos y de calidad solicitados.

«RESPONSABILIDADES

Direcciones solicitantes

- *Elaborar las especificaciones técnicas.*
- *Elaborar en coordinación con la Dirección de Gestión de Calidad las especificaciones de calidad.*
- *Realizar los Pedidos de Ofertas conforme a los requisitos establecidos en cuanto a documentación a acompañar.*
- *Evaluar técnicamente las ofertas recibidas.*
- *Participar en la selección final del suministrador.*

- *Realizar la supervisión y seguimiento del suministro.*
- *Dar la aprobación final al suministro.*

Dirección de compras

- *Recepcionar las Peticiones de Oferta de las Direcciones.*
- *Elaborar las especificaciones comerciales que acompañan a la Orden de Compra.*
- *Enviar la Orden de Compra a los suministradores homologados.*
- *Convocar al suministrador para la firma del contrato.*

Dirección de gestión de calidad

- *Homologar a los suministradores.*
- *Gestionar la Lista de Suministradores Aprobados (LSA).*
- *Elaborar, en coordinación con la Dirección solicitante las especificaciones de calidad.*

Documentación de desarrollo

- *Procedimiento para la Homologación de Suministradores.*
- *Procedimiento de Suministro.*
- *Procedimiento para el control de recepción de materiales.*

Sistema de compras

Los productos adquiridos y los servicios contratados tienen una gran influencia en los niveles de calidad que Polisa ofrece a sus clientes. Es evidente por tanto, la necesidad de establecer un sistema que, mediante una serie de actividades reguladas, asegure la calidad de los productos ofrecidos por los suministradores.

Este sistema va a permitir:

- *Adquirir productos o servicios a suministradores cuyos niveles de calidad estén suficientemente contrastados.*
- *Asegurar que todas las adquisiciones se realizan sobre la base de una serie de especificaciones escritas y aprobadas.*
- *Controlar que los productos y servicios son conformes a las especificaciones.*

Homologación de suministradores

La homologación tiene por objeto asegurar que el posible suministrador, en caso de adjudicación de un pedido, estará capacitado para satisfacer todas las exigencias, en cuanto a:

- *Medios técnicos necesarios.*
- *Cumplimiento con especificaciones técnicas y de calidad.*
- *Cumplimiento con las condiciones económicas.*

La homologación de un suministrador se lleva a cabo mediante una evolución realizada por la Dirección de Gestión de Calidad, mediante uno o los dos procedimientos siguientes:

- *Análisis y estudio de los antecedentes históricos.*
- *Auditoría en origen del sistema de calidad del suministrador.*

En la evaluación podrán intervenir además de la Dirección de Gestión de Calidad, aquellos especialistas de otras Direcciones que se consideren necesarios.

Al término de la evaluación, la Dirección de Gestión de Calidad elaborará un Informe de Evaluación de Suministradores, en el cual se califica al suministrador y se indica los tipos de productos evaluados.

Todos los suministradores calificados positivamente, serán dados de alta en la «Lista de Suministradores Aprobados» (LSA).

Lista de suministradores aprobados

La Dirección de Gestión de Calidad deberá gestionar la LSA actualizándola y enviándola en su última revisión a la Dirección de Compras.

Cuando la Dirección de Compras reciba alguna solicitud de compra con un suministrador no incluido en la LSA, lo notificará inmediatamente a la Dirección de Gestión de Calidad para el inicio del proceso de evaluación.

El suministrador que no haya sido calificado con resultados positivos, no podrá ser adjudicatario de ningún pedido.

Petición de ofertas

Previo a la petición de ofertas, la Dirección solicitante deberá asegurarse que posee la capacidad presupuestaria para iniciar el proceso.

Una vez comprobada, enviará la Petición de Oferta a la Dirección de Compras. Esta Petición deberá ir acompañada de la siguiente documentación:

- *Especificaciones técnicas. Establecen los requisitos técnicos para el pedido y pueden incluir documentación adicional como planos, esquemas, etc. Serán elaboradas por la Dirección solicitante.*
- *Especificaciones de Calidad. Contienen los requisitos de calidad aplicables al pedido, estableciendo las inspecciones, ensayos, revisiones y niveles para la aceptación del suministro.*

Las especificaciones de calidad, elaboradas por la Dirección de Gestión de Calidad en coordinación con la Dirección solicitante, serán aprobadas por el Director de Gestión de Calidad.

Recepcionada la Petición por la Dirección de Compras, procederá a elaborar la documentación comercial de la oferta, donde se contemplen los requisitos económicos administrativos que regularán las relaciones con el suministrador. Además, inspeccionará el mercado con objeto de seleccionar a los suministradores más idóneos y enviarles una Orden de Compra que incluye todo el conjunto de especificaciones elaboradas.

Evaluación de ofertas

La Dirección de Marketing recepcionará todas las ofertas de los suministradores. Éstas serán evaluadas por las Direcciones implicadas, con el fin de seleccionar al suministrador más adecuado. Esta evaluación dará lugar a un informe donde se justifique la decisión tomada.

Adjudicación del contrato

Seleccionado el suministrador, la Dirección de Compras le convocará a una reunión para proceder a la negociación y firma del contrato. Cuando sea necesario la Dirección solicitante podrá participar en dicha reunión.

Supervisión y aceptación del suministro

La Dirección solicitante del suministro es responsable de asegurar que los bienes comprados y servicios contratados, cumplen con las especificaciones y requisitos contractuales. Además, deberá dar la aprobación final al suministro.

Control de recepción de materias primas

Todos los productos y su documentación son examinados a la recepción de los mismos, con el fin de asegurar su cumplimiento con los requisitos solicitados en la orden de compra.

El nivel de control de recepción será determinado conforme al tipo de producto, su uso final e historial de calidad del suministrador. Todas las inspecciones y ensayos realizados quedarán registrados en la documentación correspondiente.

Toda discrepancia observada durante el proceso de recepción generará una ficha de no conformidad, que será analizada para averiguar las causas que la originaron. Posteriormente se negociará con el suministrador para establecer la reclamación y penalizaciones a que pudiera dar lugar.

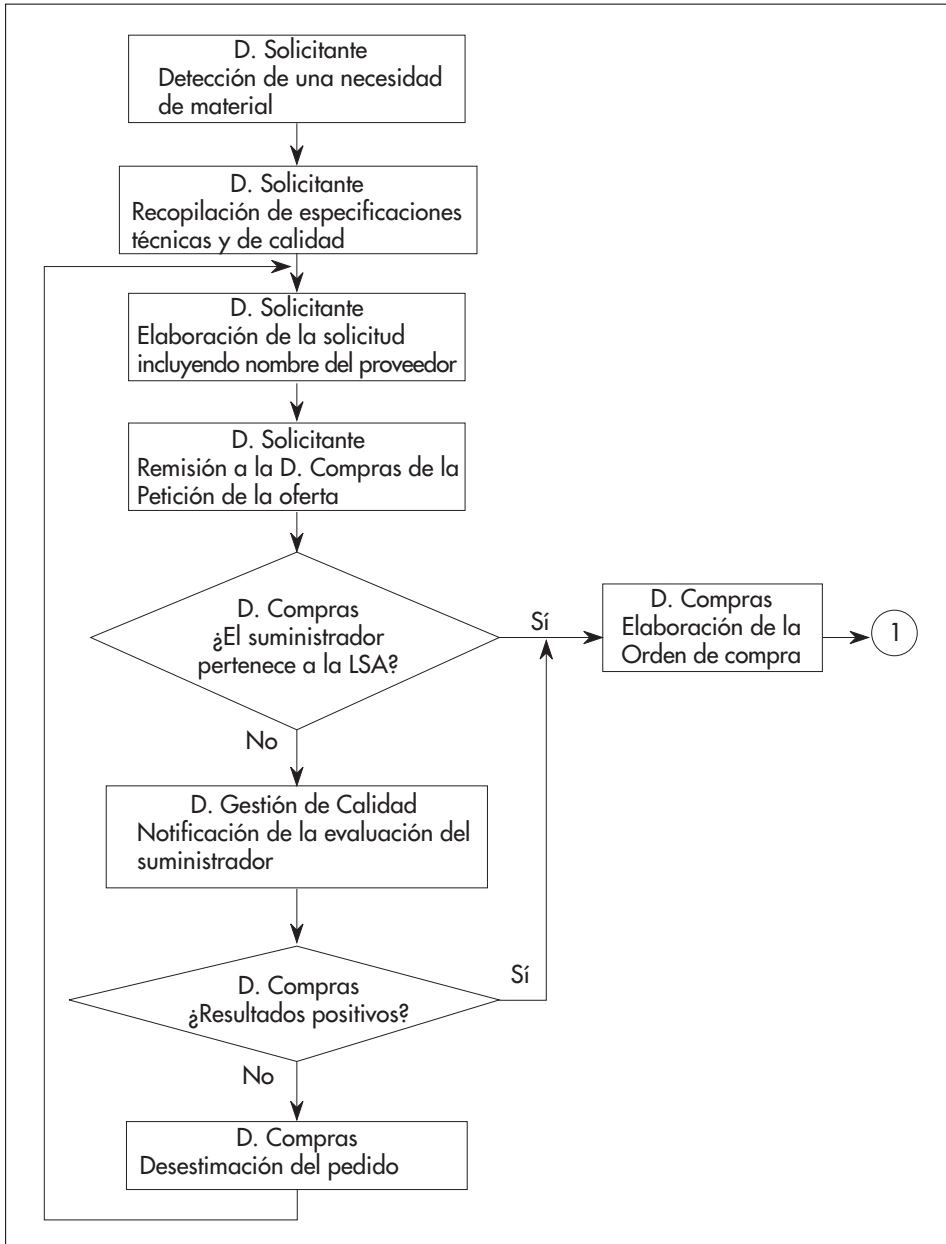
Clasificado el material recepcionado como conforme, se procedería a su ingreso en almacén.»

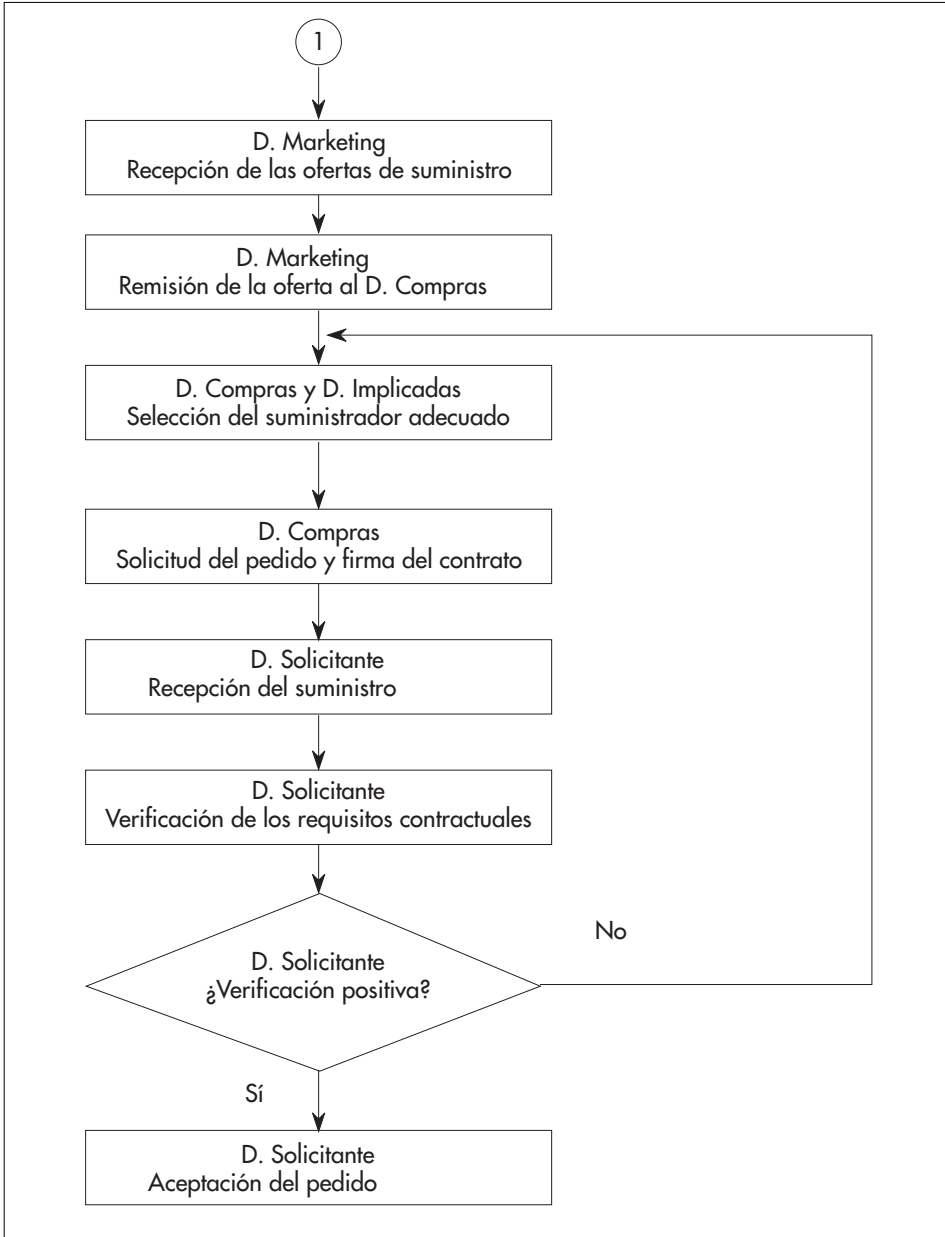
Aunque con estas acciones la empresa ha establecido un sistema de actuación, las Direcciones solicitantes de distintos bienes se quejan de que se reciben demasiado tarde. Como los proveedores están cumpliendo los plazos de entre-

ga, Polisa se dispone a iniciar los pasos previos para agilizar este proceso. Todo ello forma parte de un proyecto de Reingeniería que la empresa comenzará más adelante. Indique qué actividades modificaría del proceso Compras.

Solución propuesta

Para llevar a cabo el proyecto se ha constituido un equipo integrado por personal de Compras y de Calidad. Su primera acción ha sido realizar un Diagrama de Flujo del proceso, en el que se indican las tareas que componen el proceso y quién las realiza.





Tras analizar la documentación, en primera instancia y el flujograma a continuación, en este proceso se han detectado las siguientes deficiencias:

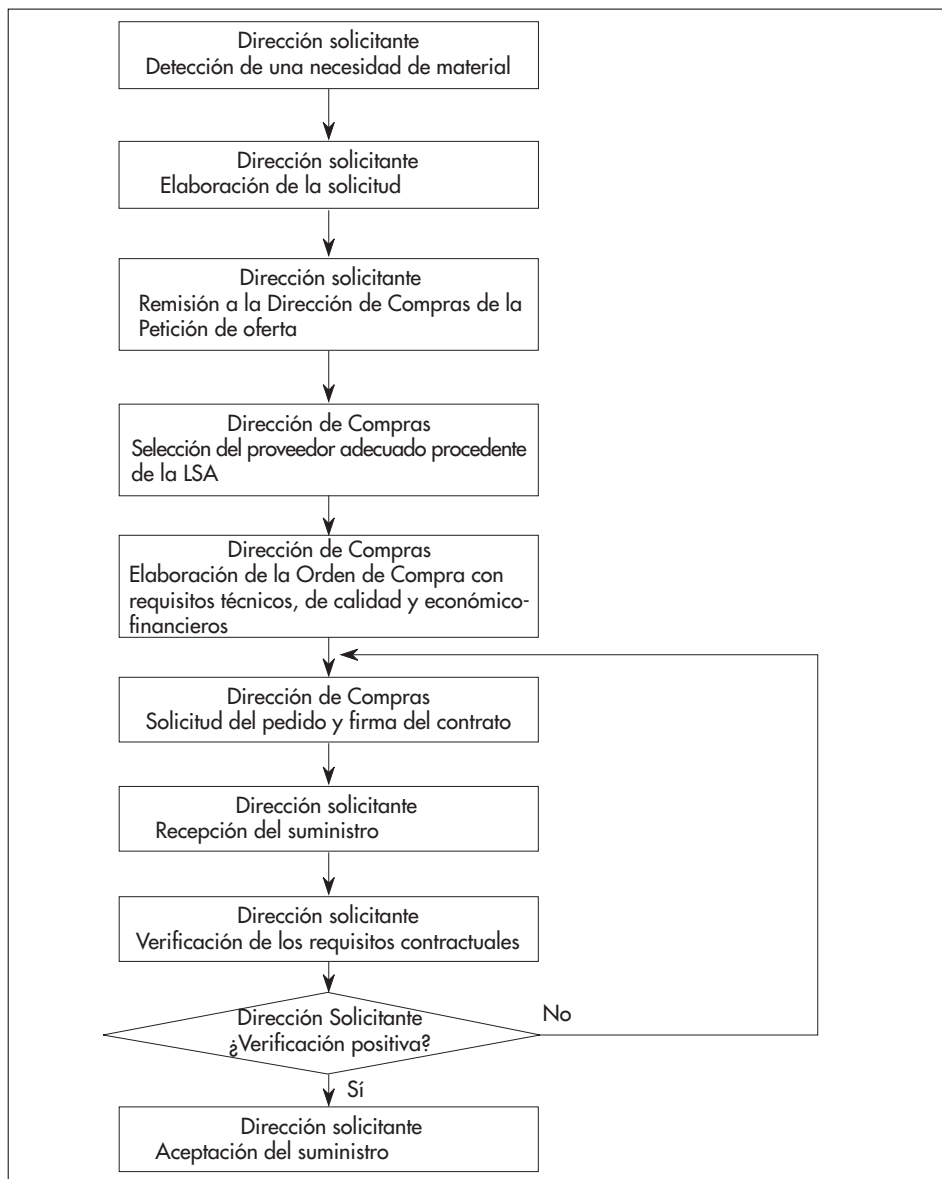
1. Intervención de la Dirección de Marketing en el proceso; éste podría agilizarse si se elimina el tiempo de remisión de la oferta a la Dirección de Compras, lo que supone una redefinición de las funciones de Marketing.
2. Los resultados de las evaluaciones de los suministradores, los mantiene únicamente la Dirección de Gestión de Calidad; si se remiten a la Dirección de Compras, se elimina el tiempo que transcurre hasta la respuesta de la Dirección de Gestión de Calidad.

Con la informatización del proceso y un acceso controlado, este paso sería instantáneo. La propuesta a realizar es elaborar y actualizar las evaluaciones de los suministradores por parte de la Dirección de Gestión de Calidad y un acceso directo por parte de Compras y Calidad.

3. La Dirección Solicitante no tiene por qué indicar el nombre del proveedor; puesto que las compras están centralizadas, ha de ser la Dirección de Compras quien seleccione al mismo.
4. Cada vez que se requiere un pedido, la Dirección de Compras evalúa al suministrador adecuado en función de las necesidades. Este paso podría suprimirse si una vez que se ha confeccionado la Lista de Suministradores Aprobados, se decide quién va a ser el proveedor de cada pedido; además, esto implica una ruptura con la política de Compras llevada hasta el momento, pues se mantendrán relaciones con un menor número de proveedores, aunque la relación será más estable.

Con estas acciones también se suprimen la recopilación de las especificaciones técnicas y de calidad por parte de la Dirección Solicitante, pues sería responsabilidad de Compras.

De esta manera, el proceso es menos burocrático y queda, por tanto, según el siguiente flujograma:



EJERCICIO 8.2

A continuación se indican un conjunto de actividades, señale, para cada una de ellas, la técnica de mejora de la calidad que sería más recomendable utilizar:

- Determinar el nivel de seguridad de un gato para automóviles.
- Detectar durante la fabricación de productos lácteos si el proceso está bajo control.

- c) Encontrar la relación entre el alargamiento y la dureza de una pieza.
- d) Traducir las necesidades de los viajeros de una compañía aérea a especificaciones técnicas de la empresa.
- e) El Ayuntamiento de una localidad costera desea crear una tarjeta de atención al ciudadano con funciones tales como: utilidades municipales de información, de gestión y de pago, monedero financiero y monedero telefónico.
 - e.1. El Ayuntamiento pretende que esta tarjeta sea ampliamente utilizada y no le resulte gravosa al municipio; además se irán incorporando progresivamente otras funciones demandadas por los habitantes locales.
 - e.2. La prestación de algunas de las funciones asociadas a las utilidades municipales requiere llevar a cabo una reestructuración de los servicios, lo que supondrá una ruptura con el sistema burocrático anterior.
- f) Un fabricante de papel ha recopilado datos sobre los defectos más frecuentes que se ocasionan en el producto terminado, con el objeto de averiguar cuáles suponen un porcentaje mayor sobre el total y proceder a su eliminación.
- g) Diseño de un mecanismo automático que obligue al operario a ubicar al inicio del montaje cuatro muelles y cuatro tornillos, previamente.
- h) Eliminación de los focos de suciedad en la zona de productos semielaborados.
- i) Unión de las carcasas de una calculadora mediante un tornillo central, sustituyendo a cuatro tornillos laterales.

Solución propuesta

Cuestión	Técnica
a.	AMFEC
b.	Gráficos de control
c.	Diagrama de dispersión
d.	QFD
e.1.	Análisis del valor
e.2	Reingeniería
f.	Diagrama de Pareto
g.	Poka-yoke
h.	5 s
i.	DFMA

EJERCICIO 8.3

De todas las técnicas de mejora citadas en el presente libro, señale cuáles han sido incluidas en la norma UNE 66904-4.

Solución propuesta

- Hoja de recopilación de datos
- Diagrama causa-efecto
- Histograma
- Diagrama de Pareto
- Diagrama de dispersión
- Gráficos de control
- Diagrama de afinidad
- Brainstorming
- Diagrama de flujo
- Benchmarking