

Paloma López Lemos

Herramientas para la mejora de la Calidad

Métodos para la mejora continua
y la solución de problemas



HERRAMIENTAS PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD

Métodos para la mejora continua y la solución de problemas

PALOMA LÓPEZ LEMOS

HERRAMIENTAS PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD
Métodos para la mejora continua y la solución de problemas

Autora: Paloma López Lemos

Edita:
© FUNDACIÓN CONFEMETAL
Príncipe de Vergara, 74 – 28006 Madrid
Tel.: 91.782.36.30. Fax: 91.561.66.93
editorial@fundacionconfemetal.es
www.fundacionconfemetal.com

ISBN: 978-84-16671-09-0
Depósito Legal: M-19249-2016

Impreso en España – *Printed in Spain*

**QUEDA PROHIBIDA TODA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE LA OBRA POR
CUALQUIER MEDIO O PROCEDIMIENTO SIN AUTORIZACIÓN PREVIA.**

ÍNDICE

Introducción

Capítulo 1.

DEL CONTROL DE CALIDAD A LA GESTIÓN DE LA CALIDAD TOTAL

- 1.1. Introducción
- 1.2. El control de calidad
- 1.3. El taylorismo o la maximización de la producción
- 1.4. El control estadístico de los procesos
- 1.5. El aseguramiento de la calidad
- 1.6. El enfoque japonés. El control de la calidad total
- 1.7. Los círculos de calidad

Capítulo 2.

HERRAMIENTAS PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD

- 2.1. Introducción
- 2.2. Herramientas de control de calidad
- 2.3. Herramientas de mejora de la calidad
- 2.4. Resumen

Capítulo 3.

LAS SIETE HERRAMIENTAS BÁSICAS DE LA CALIDAD

- 3.1. Origen de las siete herramientas básicas de la calidad
 - 3.1.1. Érase una vez un monje samurái
 - 3.1.2. Érase una vez un químico japonés
- 3.2. Las siete herramientas básicas de la calidad
 - 3.2.1. Hoja de comprobación
 - 3.2.1.1. Diseño de la hoja de comprobación
 - 3.2.1.2. Periodicidad de recogida de datos

- 3.2.1.3. Gestión de la hoja de comprobación
- 3.2.2. Gráficos de control
 - 3.2.2.1. Tipos de gráficos de control
 - 3.2.2.2. Diseño del gráfico de control
 - 3.2.2.3. Interpretación del gráfico de control
- 3.2.3. Histograma.
 - 3.2.3.1. Diseño del histograma
 - 3.2.3.2. Interpretación del histograma
 - 3.2.3.3. Tipos de histogramas
- 3.2.4. Diagrama causa-efecto
 - 3.2.4.1. Diseño del diagrama causa-efecto
 - 3.2.4.2. Interpretación de un diagrama causaefecto
- 3.2.5. Diagrama de Pareto
 - 3.2.5.1. Diseño e interpretación del diagrama de Pareto
- 3.2.6. Diagrama de Dispersión
 - 3.2.6.1. Correlación entre variables
 - 3.2.6.2. Diseño del diagrama de dispersión
 - 3.2.6.3. Interpretación del diagrama de dispersión
- 3.2.7. Estratificación
 - 3.2.7.1. Planificación de la estratificación

Capítulo 4.

DIAGRAMA DE AFINIDAD.

- 4.1. Introducción
- 4.2. Ventajas e inconvenientes de aplicar la herramienta
- 4.3. El equipo de trabajo
- 4.4. Los recursos
- 4.5. La sistemática de aplicación
 - 4.5.1. Descripción del proceso al equipo de trabajo
 - 4.5.2. Puesta en escrito de las ideas

- 4.5.3. Redistribución aleatoria de las tarjetas
- 4.5.4. Lectura en común y pegado en el tablero
- 4.5.5. Revisión de las tarjetas y agrupación según afinidad
- 4.5.6. Propuesta de tarjetas cabecera
- 4.5.7. Análisis final y consenso
- 4.6. El ejemplo práctico
- 4.7. Conclusiones

Capítulo 5.

DIAGRAMA DE RELACIONES

- 5.1. Introducción
- 5.2. Ventajas e inconvenientes de aplicar la herramienta
- 5.3. El equipo de trabajo
- 5.4. Los recursos
- 5.5. La sistemática de aplicación
 - 5.5.1. Decidir la estructura del diagrama
 - 5.5.2. Ordenar las tarjetas en función de la relación causa-efecto
 - 5.5.3. Análisis del diagrama e identificación de factores clave
- 5.6. El ejemplo práctico
- 5.7. Conclusiones

Capítulo 6.

DIAGRAMA DE ÁRBOL

- 6.1. Introducción
- 6.2. Ventajas e inconvenientes de aplicar la herramienta
- 6.3. El equipo de trabajo
- 6.4. Los recursos
- 6.5. La sistemática de aplicación
 - 6.5.1. Descripción del concepto a estudiar
 - 6.5.2. Definir las causas de primer nivel o categorías principales
 - 6.5.3. Ramificar las categorías principales
 - 6.5.4. Análisis de resultados
- 6.6. El ejemplo práctico

6.7. Conclusiones

Capítulo 7. DIAGRAMA DE MATRIZ

- 7.1. Introducción
- 7.2. Ventajas e inconvenientes de aplicar la herramienta
- 7.3. El equipo de trabajo
- 7.4. Los recursos
- 7.5. La sistemática de aplicación
 - 7.5.1. Determinar los grupos de datos
 - 7.5.2. Elegir el tipo de matriz y los símbolos a emplear
 - 7.5.3. Situar las características en los ejes
 - 7.5.4. Análisis de resultados
- 7.6. El ejemplo práctico
- 7.7. Conclusiones

Capítulo 8. MATRIZ DE PRIORIZACIÓN

- 8.1. Introducción
- 8.2. Ventajas e inconvenientes de aplicar la herramienta
- 8.3. El equipo de trabajo
- 8.4. Los recursos
- 8.5. La sistemática de aplicación
 - 8.5.1. Definir el objetivo e identificar las opciones
 - 8.5.2. Establecer los criterios de ponderación y su valor
 - 8.5.3. Comparar las opciones
 - 8.5.4. Análisis de resultados
- 8.6. El ejemplo práctico
- 8.7. Conclusiones

Capítulo 9. DIAGRAMA DE PROCESO DE DECISIÓN

- 9.1. Introducción

"***** DEMO - www.ebook-converter.com*****"

- 9.2. Ventajas e inconvenientes de aplicar la herramienta
- 9.3. El equipo de trabajo
- 9.4. Los recursos
- 9.5. La sistemática de aplicación
- 9.6. El ejemplo práctico
- 9.7. Conclusiones

Capítulo 10.

DIAGRAMA DE FLECHAS

- 10.1. Introducción
- 10.2. Ventajas e inconvenientes de aplicar la herramienta
- 10.3. El equipo de trabajo
- 10.4. Los recursos
- 10.5. La sistemática de aplicación
- 10.6. El ejemplo práctico
- 10.7. Conclusiones

Referencias

Introducción

Allá por los años cincuenta, el mundo empresarial en general y el sector industrial americano en particular, empezó a oír hablar seriamente del **Quality Assurance** o “aseguramiento de la calidad” como estrategia de gestión para empresas que buscasen ser más eficientes, productivas y exitosas.

Por aquel entonces, aún imperaba la organización de trabajo **tayloriana** impuesta en la revolución industrial, en la que las distintas tareas de la producción estaban perfectamente separadas y donde el obrero era una pieza más en la cadena de producción sin capacidad de pensamiento o de decisión.

Este modelo de producción, si bien tiene grandes ventajas —mayor especialización del obrero, disminución de los tiempos de producción y reducción de costes— tiene también grandes inconvenientes, como el rechazo de la mayoría de los trabajadores involucrados, la reducción progresiva de sus salarios, la desmotivación y el empeoramiento de su seguridad y salud laboral y fue finalmente superada por estructuras de organización más modernas y efectivas, que pusieran de acuerdo a trabajadores y directivos.

Estos nuevos aires —que provenían del Japón post-guerra— eran el resultado de la puesta en práctica durante años de las teorías de Deming, Juran y Shewhart, —entre otros—, sobre las herramientas y técnicas estadísticas de gestión por procesos. Estas **herramientas de gestión** habían conseguido no solo reflotar la economía japonesa, totalmente devastada tras la guerra, sino también facilitar un elevado nivel de competitividad a sus empresas, muy por encima de las empresas americanas.

También pusieron de manifiesto que una organización más orientada a la colaboración, la participación y la puesta en común de ideas podía ser mucho más eficaz en la identificación y resolución de problemas.

Estas herramientas de gestión —sencillas y prácticas— fueron rápidamente popularizadas y puestas en práctica por equipos de trabajo de todo el mundo y hoy en día, su aplicación es imprescindible para cualquier empresa que presuma de estar implicada activamente en la gestión de la calidad.

El objetivo principal de este libro es describir estas herramientas —tanto las siete **herramientas clásicas del control de calidad** recopiladas por Kaoru Ishikawa, como las siete **nuevas herramientas de gestión y administración** propuestas por la JUSE (Asociación Japonesa de Científicos e Ingenieros) años más tarde— de forma sencilla y, sobre todo, práctica, recreando su aplicación con ejemplos (más o menos) reales en los que muchas empresas se verán reconocidas...

CAPÍTULO 1.

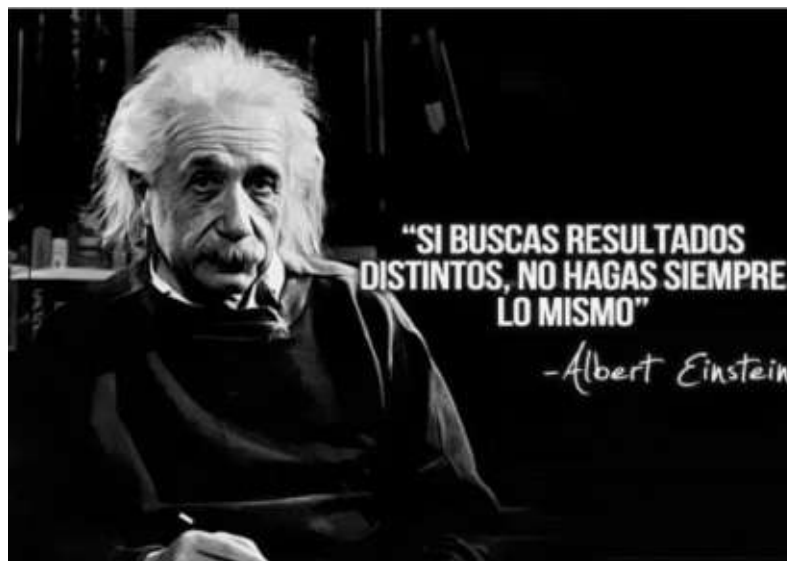
DEL CONTROL DE CALIDAD A LA GESTIÓN DE LA CALIDAD TOTAL

1.1. INTRODUCCIÓN

“OK, Houston, hemos tenido un problema...”

Aproximadamente a las 21 horas del 13 de abril de 1970, los miembros del Apolo XIII, comandados por el Capitán **Jack Swigert**, ponían de esta forma en conocimiento de la NASA que habían perdido dos de las tres fuentes de energía de la nave, que esta se encontraba gravemente dañada y que el viaje de retorno a la tierra se veía seriamente comprometido. Desde entonces, la expresión “Houston, tenemos un problema” se ha popularizado en todo el mundo para informar de la existencia de un incidente, generalmente imprevisto y de consecuencias indeterminadas.

Porque lo cierto es que **tenemos problemas**. Las personas los tenemos y las empresas también los tienen, en su mayoría relacionados con la calidad: defectos en los productos, quejas de los clientes, retrasos en la entrega, devoluciones en garantía... Pero como ocurrió con el Apolo XIII, la mayoría de los problemas tienen una solución (o varias), solo hace falta conocer métodos eficaces que nos permitan llegar hasta ellas.



Si buscas resultados diferentes, no hagas siempre lo mismo

En parte, sobre eso trata este libro, de facilitar **técnicas de resolución de problemas** sencillas pero eficaces, y ampliamente probadas en los procesos de mejora de los sistemas de gestión. Les mostraré diferentes formas de **enfrentarse al problema**, de visualizarlo gráficamente, de **identificar sus causas** y de plantear soluciones que sean técnica y económicamente viables.

Analizaremos cuál es el **equipo de trabajo** adecuado y comprobaremos cómo, con un simple tablero de dibujo y unos rotuladores, se puede llegar a analizar un problema por completo empleando para ello distintas técnicas.

Por otro lado, no solo hablaremos de solución de problemas sino que también veremos herramientas útiles para la gestión y la **planificación** de proyectos, que nos permitirán identificar potenciales problemas antes de que ocurran y por tanto, emprender medidas preventivas encaminadas a asegurar que no llegarán a ocurrir.

Para ello emprenderemos un viaje que empieza en la segunda mitad del siglo XX con la publicación del libro ***¿Qué es el control de la calidad total?*** de **Kaoru Ishikawa**, en la que se recopilan por primera vez las siete herramientas básicas de control de calidad, que continúa años después con otro grupo de herramientas analizadas y propuestas por la **Unión de Científicos e Ingenieros japoneses JUSE** para completar las siete primeras y que finaliza en nuestros días, pues todas estas herramientas siguen siendo aplicadas y utilizadas en la actualidad por equipos de trabajo en empresas de todo el mundo.

Nos acompañará en este viaje una empresa *virtual* —en la que más de una organización puede verse reconocida— que a pesar de ser ficticia también tiene problemas, pero que ha decidido poner en práctica algunas de las herramientas de mejora que se han puesto a su alcance para solucionarlos. Ellos se encargarán de probar su eficacia y de mostrarnos el resultado.

Buen viaje...

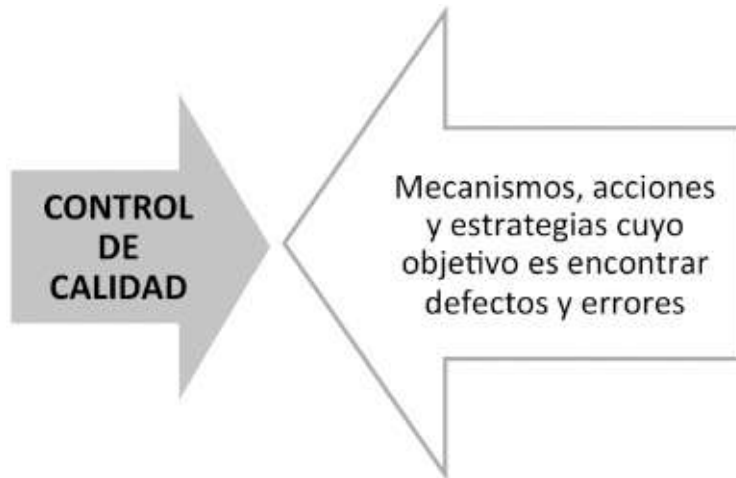


OK, Houston, hemos tenido un problema aquí...

1.2. EL CONTROL DE CALIDAD

...pero empecemos por el principio: el hombre siempre ha estado preocupado por la calidad de sus productos. Los hombres del Neolítico pulían y afilaban cuidadosamente los útiles de trabajo fabricados en piedra, madera o hueso para que tuviesen la máxima durabilidad. Los egipcios comprobaban que los bloques de piedra empleados para construir las pirámides tuviesen las medidas adecuadas utilizando cuerdas con longitudes prefijadas. En el siglo XV, los gremios artesanales empezaban a imponer los primeros reglamentos internos como un intento de normalizar la calidad de sus productos.

Pero fue tras la revolución industrial cuando el control de calidad se hizo realmente necesario. Los sistemas de fabricación se iban complicando cada vez más. A medida que aumentaba el número de trabajadores, los ritmos y cantidades de producción y el número de máquinas implicadas, el trabajador dejaba de ser responsable de la calidad del producto final y aparecía una de las primeras medidas para el control de calidad en el sector industrial: la creación de **departamentos de inspección y control** que vigilaran los resultados de las líneas de fabricación.



Control de calidad

En la práctica, los equipos de control de calidad estaban constituidos por una serie de *inspectores* dedicados a recorrer la línea de producción verificando, midiendo y revisando el nivel de calidad —entendiendo como tal las dimensiones, el peso, el color y demás características medibles u observables— del producto intermedio o del producto final a medida que se iba fabricando.

La misión de los inspectores de calidad era comprobar, de forma lo más objetiva posible, que el producto cumplía con las especificaciones, hubieran sido establecidas por la propia organización o por el cliente. Y si no era así, retirarlo de la cadena para evitar su uso.

Esta forma de controlar la calidad de los productos ayudó en un primer momento a mejorar los niveles de calidad de la producción masiva de principios del siglo XX, pero rápidamente se pusieron de manifiesto algunos inconvenientes.

La inspección permitía identificar productos no conformes —que no cumplieran con las especificaciones— pero no la causa que había originado los defectos, por lo que la única medida que se podía tomar era la retirada de los productos defectuosos de la línea de producción para ser reprocesados o desechados.

En consecuencia, el control de calidad suponía un coste bastante elevado para las empresas, no solo debido a los gastos derivados de la propia inspección (inspectores, equipos de inspección, productos

rechazados...) sino también por el hecho de que solo permitía identificar fallos en el producto final, con lo que el desperdicio de materias primas y otros recursos de producción era inevitable.



Comprobación de que las dimensiones de la pieza cumplen las especificaciones

Con el tiempo, las técnicas de control de calidad fueron siendo sustituidas por técnicas de **gestión, mejora y aseguramiento de la calidad** que permitieron importantes mejoras de la eficiencia, la productividad y, en definitiva, del rendimiento de las áreas de producción al identificar los fallos en origen, de forma más proactiva que reactiva, evitando malgastar recursos en productos que resultasen finalmente no conformes.

1.3. EL TAYLORISMO O LA MAXIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Allá por los años cincuenta, el mundo empresarial en general y el sector industrial americano en particular, empezó a oír hablar seriamente del **Quality Assurance** o “aseguramiento de la calidad” como estrategia de gestión para empresas que buscasen ser más eficientes, productivas y exitosas.

Por aquel entonces, aún imperaba la organización de trabajo **tayloriana** impuesta en la revolución industrial, en la que las distintas tareas de la producción estaban separadas y diferenciadas y no existía prácticamente contacto entre equipos de trabajo de la misma empresa pero pertenecientes a áreas diferentes como producción, dirección, administración o ventas. El obrero era una pieza más en la cadena de producción sin capacidad de pensamiento o de decisión con el objetivo último de **maximizar la productividad**.

El taylorismo supuso la separación total entre la planificación del trabajo y su ejecución: la planificación era realizada por distintos especialistas —técnicos, ingenieros— mientras que los capataces y trabajadores de taller ejecutaban lo planificado por los primeros.



Chaplin sufre en sus carnes los rigores de la producción en cadena en el film “Tiempos modernos”

En este modelo de producción masiva, el concepto de calidad estaba ligado únicamente al hecho de que las piezas o componentes finales cumpliesen con las especificaciones (fuesen “conformes”), sin tener en cuenta las piezas de desecho generadas por el camino.

La función de la calidad, según esta óptica clásica, se limitaba a poner en marcha una serie de procedimientos de inspección y control, cuyo objetivo era comprobar y verificar que los productos cumplieran con las especificaciones previamente establecidas y que permitían separar del resultado final de la producción aquellos elementos terminados que resultaban “no conformes” tras la inspección.

El control de calidad también estaba totalmente diferenciado de la producción, habitualmente como **departamentos de inspección**, en los que no participaban trabajadores de producción.



Ejemplo de inspección dimensional mediante calibre/pie de rey

Este modelo de producción, si bien tenía grandes ventajas —mayor especialización del obrero, disminución de los tiempos de producción, aumento de la productividad y reducción de costes— presentó también grandes inconvenientes, como el rechazo de la mayoría de los trabajadores involucrados, la reducción progresiva de sus salarios, la desmotivación y finalmente, el empeoramiento de sus condiciones de seguridad y salud laboral.

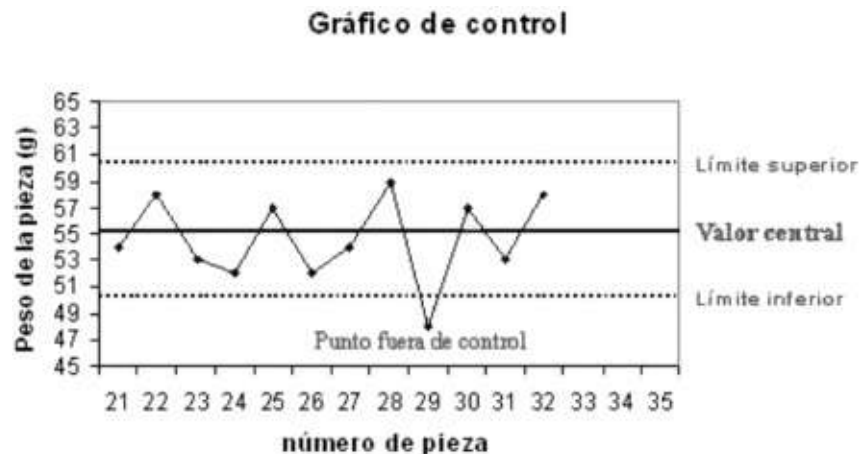
1.4. EL CONTROL ESTADÍSTICO DE LOS PROCESOS

El desarrollo de nuevos métodos y herramientas para la mejora de la calidad dio un salto cualitativo a partir de los estudios de **Walter A. Shewhart**, ingeniero y estadístico que a principios del siglo XX trabajaba en la compañía americana *Bell Telephone*, sobre **control estadístico de procesos**. El control estadístico del proceso permite evaluar las variaciones en su comportamiento que puedan afectar a la calidad del producto final. En definitiva, permite a la compañía anticiparse e identificar problemas que afectan a la producción.

Shewhart demostró que, con un sencillito **gráfico de control**, era

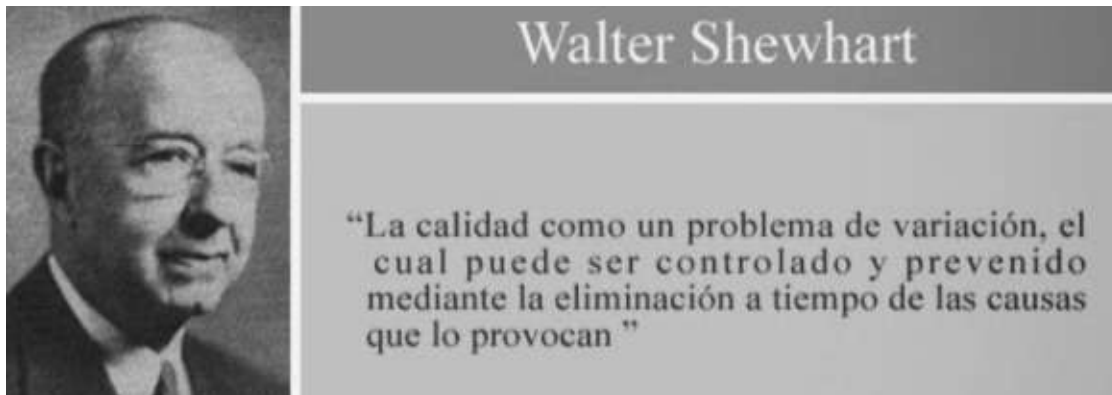
***** DEMO - www.ebook-converter.com*****

posible controlar la variabilidad de los procesos —aquellas variaciones producidas por causas identificables y controlables— y de esta forma, puso por primera vez en marcha un método que no se limitaba a controlar la calidad del producto, sino a evaluar la **calidad del proceso**.



Ejemplo de gráfico de control

El gráfico de control se convirtió rápidamente en una herramienta de uso habitual en las líneas de producción, como medio para estudiar los procesos a lo largo del tiempo, identificar procesos fuera de control, tendencias, estacionalidades, etc.



En 1931 **Walter A. Shewhart** publicó el libro ***“Economic Control of Quality of Manufactured Products”*** (Control económico de la calidad de productos manufacturados), en el que se recomienda el uso de gráficos de control y otros métodos estadísticos sencillos para el control de los procesos. Más de 80 años después, sus contenidos siguen siendo totalmente aplicables y los gráficos de control aún se

utilizan hoy en día como método de análisis de procesos.

1.5. EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

Durante la segunda guerra mundial, la **industria militar** de Estados Unidos se vio en la necesidad de fabricar de forma rápida, barata y, sobre todo, eficaz. Para las empresas del sector, fue la oportunidad de poner en práctica las novedosas herramientas de control estadístico de procesos promovidas por **Shewhart**, lo que finalmente supuso el impulso definitivo a las nuevas técnicas de gestión de la calidad.

A diferencia de los métodos tayloristas, las nuevas estructuras de organización más modernas y efectivas, buscaban una mayor implicación de todo el personal en la marcha de la compañía, involucrando tanto a trabajadores y directivos y fomentando el trabajo en equipo.

Enfoque Tayloriano	Enfoque de la gestión de calidad
• El objetivo de la empresa es producir • Unos pocos (directivos y mandos intermedios) son los que “piensan” • Se fomenta el trabajo individual • El control de la calidad consiste en la inspección	• El objetivo de la empresa es la satisfacción del cliente • Todos piensan • Se fomenta el trabajo en equipo • La inspección forma parte de la gestión de la calidad

Diferencias entre el clásico enfoque tayloriano y el enfoque hacia la gestión de calidad

1.6. EL ENFOQUE JAPONÉS. EL CONTROL DE LA CALIDAD TOTAL

Las nuevas teorías sobre la gestión total de la calidad se empezaron a desarrollar en el Japón post-guerra como resultado de la puesta en práctica durante años de las teorías de varios ingenieros y estadísticos americanos (**Edward Deming**, **Joseph Juran** y el propio **Walter Shewhart**, entre otros) sobre técnicas estadísticas de gestión por procesos.

Estas herramientas de gestión consiguieron no solo reflotar la economía japonesa, totalmente devastada tras la segunda guerra mundial, sino también facilitar a sus empresas un elevado nivel de competitividad, hasta alcanzar una posición muy por encima de las empresas americanas. También pusieron de manifiesto que una organización más orientada a la colaboración, la participación y la puesta en común de ideas podía ser mucho más eficaz en la identificación y resolución de problemas que una estructura de separación entre áreas.

1.7. LOS CÍRCULOS DE CALIDAD

Uno de los momentos clave para el desarrollo de los procesos de mejora y de la implementación de la TQM (Total Quality Management o Gestión de la Calidad Total) fue la creación y puesta en marcha de los **círculos de calidad** en las empresas japonesas que estaban siendo asesoradas por Ishikawa.

Los círculos de calidad son pequeños equipos de trabajo que se constituyen con trabajadores de la organización y que dedican parte de su tiempo en la identificación y resolución de problemas. Es una forma de poner en práctica el enfoque japonés de la gestión de la calidad total, en la que la cooperación entre los trabajadores y el trabajo en equipo son fundamentales para alcanzar altas cotas de calidad.

En abril de 1962, se publica el primer número de la **revista Gemba-To-QC**, control de calidad para supervisores, cuyo fin era formar a los inspectores de calidad en las distintas técnicas para el control de calidad. Esta revista estaba también impulsada por **Ishikawa** que en aquel entonces dirigía su consejo editorial.

Para asegurar que el mensaje llegaba a los trabajadores –no demasiado acostumbrados a la lectura–, se decidió que la información se leyera y analizase en grupo al mismo tiempo que se discutían y estudiaban los problemas del día a día, estudiando cuáles de las técnicas descritas en la revista podrían ser de utilidad en cada caso. De esta forma, se estableció una rutina de grupo que se convertiría después en un proceso más sistematizado y organizado: los **círculos de calidad**.

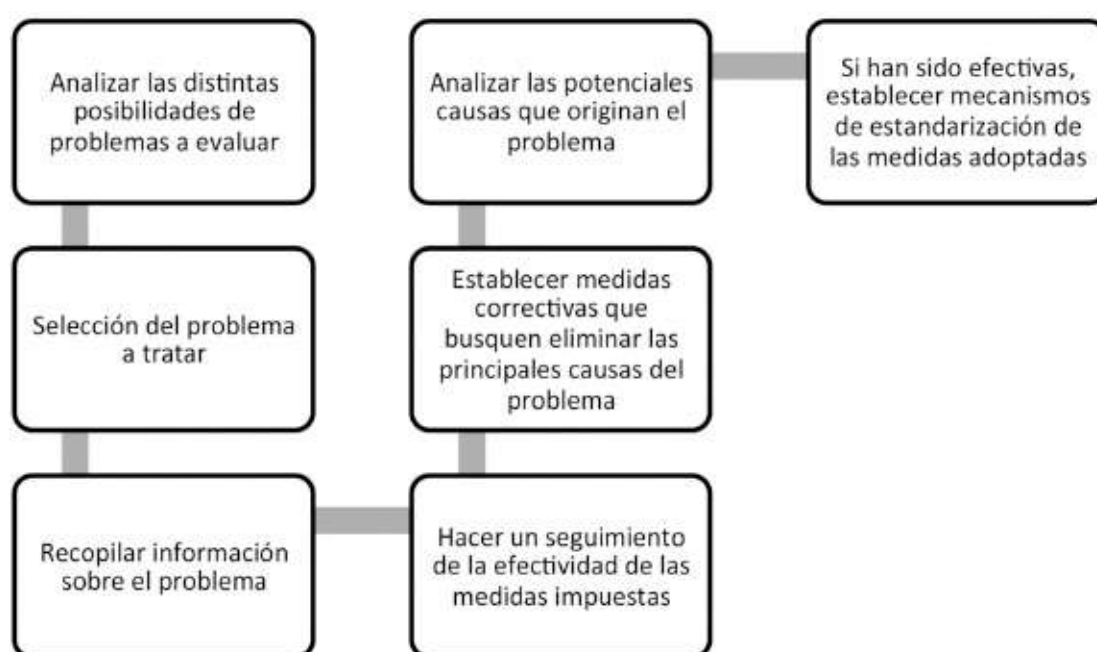
El círculo de calidad lleva a cabo actividades de control en el mismo taller. Se reúnen periódicamente, por lo general el mismo día y a la misma hora y dentro del horario laboral. Suelen ser los propios componentes quienes deciden el problema a analizar. Para un funcionamiento eficaz, los círculos de calidad suelen contar con una

***** DEMO - www.ebook-converter.com*****

persona que se encarga de labores de coordinación y dinamización, asegurando que todos los miembros participen de forma equitativa, sugiriendo los métodos y herramientas de análisis más adecuadas en cada caso, etc.

Los círculos de calidad suelen ser grupos estables, es decir, funcionan de forma continua y una vez resuelto un problema pasan a abordar el siguiente, reiniciando el proceso anterior de forma reiterativa.

El proceso que sigue un círculo de calidad para analizar un problema suele ser el siguiente:



Sistemática de trabajo de un círculo de calidad

En parte y para facilitar el trabajo de los círculos de calidad, Ishikawa recopiló y agrupó una serie de **técnicas estadísticas sencillas** que cualquier trabajador con una formación media o básica pudiese poner en práctica. Las denominó "**las siete herramientas básicas de la calidad**" y enunció que probablemente el 95% de todos los problemas de producción de las empresas podrían resolverse poniendo en práctica estas siete herramientas.

Tal es así que tanto los círculos de calidad como las herramientas de control de calidad de Ishikawa siguen utilizándose de forma masiva en

las empresas de todo el mundo como método de solución de problemas y mejora continua.

En los capítulos siguientes veremos con más detalle cómo son y cómo se utilizan estas herramientas.

CAPÍTULO 2.

HERRAMIENTAS PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD

2.1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, existen varias herramientas que pueden ser utilizadas para la identificación de problemas, el análisis de sus causas y la puesta en marcha de soluciones. Habitualmente se clasifican en dos grupos:

- Herramientas de **control** de calidad.
- Herramientas de **mejora** de la calidad.

Aunque muchas de ellas son de origen estadístico, son herramientas sencillas, muy visuales, que pueden ser aplicadas por personas de todas las áreas de la empresa si bien las primeras suelen ser más aplicadas en el control de la producción y las segundas, en la planificación de proyectos. Todas ellas son compatibles entre sí, y suele ser habitual que los equipos de trabajo utilicen más de una en el análisis de un problema.

A lo largo de este capítulo y de los siguientes, analizaremos cada una de ellas y veremos numerosos ejemplos de su aplicación.

2.2. HERRAMIENTAS DE CONTROL DE CALIDAD

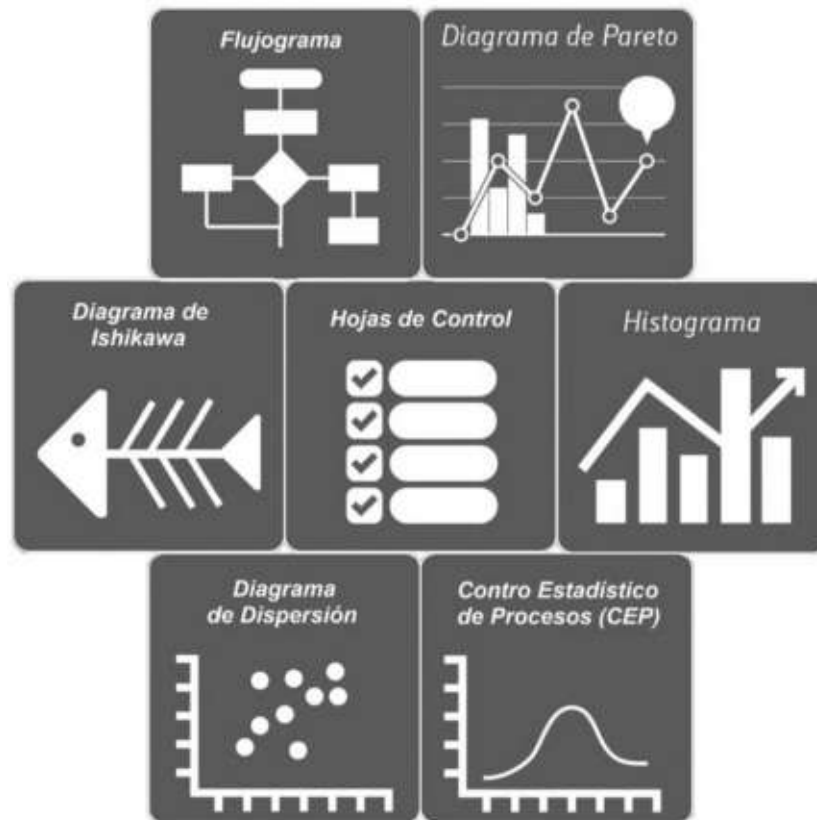
Un primer grupo de herramientas las constituyen las herramientas de **control de calidad**. Estas herramientas comparten una serie de características comunes:

- **Sencillez:** cualquier persona de la organización puede manejarlas sin disponer de grandes conocimientos estadísticos. Basta una formación específica en el manejo de la herramienta.
- **Aplicabilidad:** se pueden emplear en cualquier nivel de la organización sea directivo, administrativo, operativo...
- **Utilidad:** todas ellas ayudan en la recopilación y organización de datos, identificación de causas de los problemas y análisis de posibles soluciones.

Son herramientas “*de control*” y suelen emplearse cuando la

información sobre el problema o situación a evaluar está disponible pero requiere ser organizada y agrupada sistemáticamente para poder ser analizada con éxito: gráficos de control, histogramas...

Fueron popularizadas y puestas en práctica por primera vez en los años 60 por los círculos de calidad liderados por **Kaoru Ishikawa**, y la mayoría de ellas, siguen siendo utilizadas en la actualidad.



Herramientas para control de calidad

- **Hoja de control (hoja de comprobación, *checklist*...)**

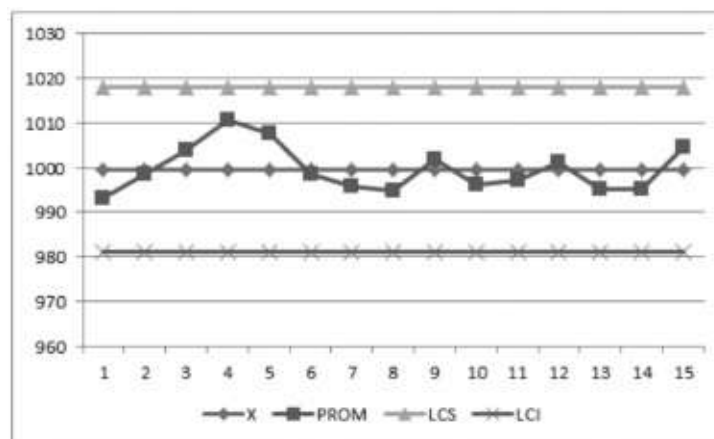
Son formatos o modelos especialmente diseñados para recoger información relativa a una actividad, un proceso, un proyecto, etc. De todas las herramientas que veremos en este capítulo, es la única que no permite realizar un análisis sino que su utilidad práctica es la recoger datos de forma sistemática y organizada. Suele ser la herramienta de partida de cualquier proceso de análisis.

HOJA DE CONTROL DE ENSAYOS PARA MORTERO HECHO EN OBRA			
PARTIDA	CARACTERÍSTICAS A ENSAYAR		
	VALOR RESISTENCIA A COMPRESIÓN (N/mm ²) ⁽¹⁾	VALOR ABSORCIÓN DE AGUA (Kg./m ² · min ^{1/4}) ⁽²⁾	VALOR ADHESIÓN ⁽³⁾
1			
2			
3			
4			

Ejemplo de Hoja de Control

- **Gráficos de control (o Control Estadístico de Procesos)**

Son gráficos utilizados para controlar y mejorar un proceso mediante el análisis de su variación en el tiempo. Permiten establecer límites de control del proceso que permiten identificar cuando el proceso está controlado. También permiten identificar tendencias, estacionalidades...



Ejemplo de gráfico de control

Se trata de una herramienta muy visual en la que el control del proceso se hace vigilando que las medidas que se van representando en el gráfico se encuentran dentro de los límites de control (en la figura estos límites están representados por LCS, límite de control superior, y LCI, límite de control inferior. La línea PROM representa la media de los valores).

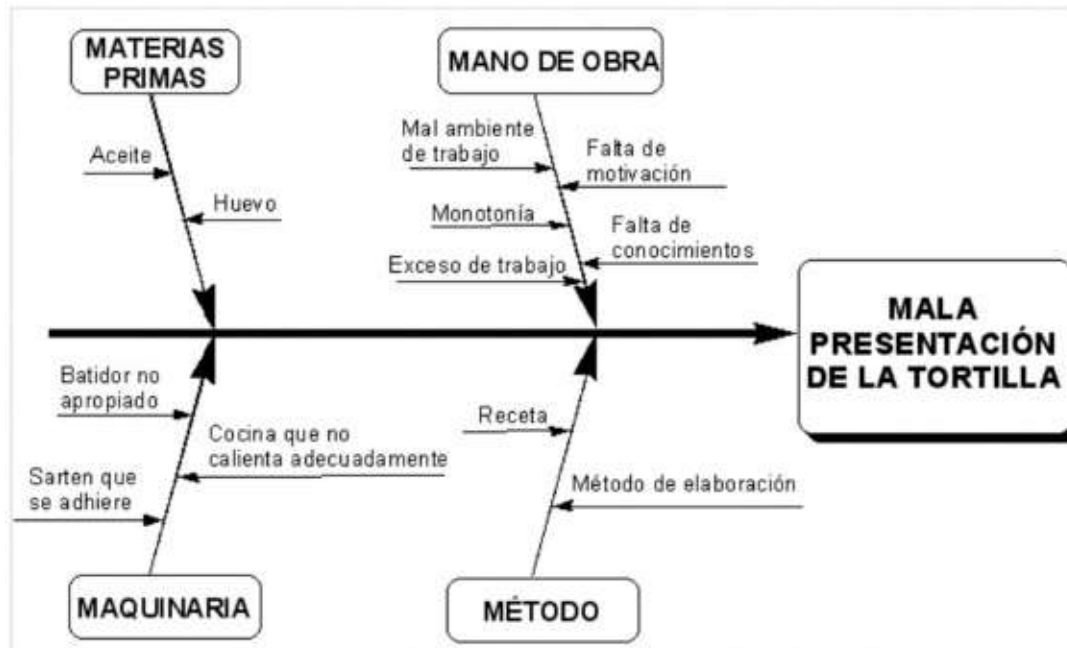
- **Diagrama causa-efecto o diagrama de Ishikawa**

Es una técnica que permite la identificación y clasificación de ideas e información relativas a las causas de los problemas. De todas ellas, es la única que fue realmente creada por Kaoru Ishikawa.

En este diagrama, se van identificando las posibles causas que pueden haber llegado a generar un problema, empezando por cuatro o cinco categorías principales—aunque pueden ser más o menos, según el equipo de trabajo decida—. Estas categorías suelen ser las siguientes:

- Materiales
- Personas
- Máquinas
- Procesos
- Entorno

A partir de ahí, se van identificando causas secundarias que se reflejan gráficamente en el diagrama como “ramas” de las categorías principales. Finalmente, el diagrama va adquiriendo forma de espina de pescado y de ahí uno de sus nombres más populares (Espina de Ishikawa).

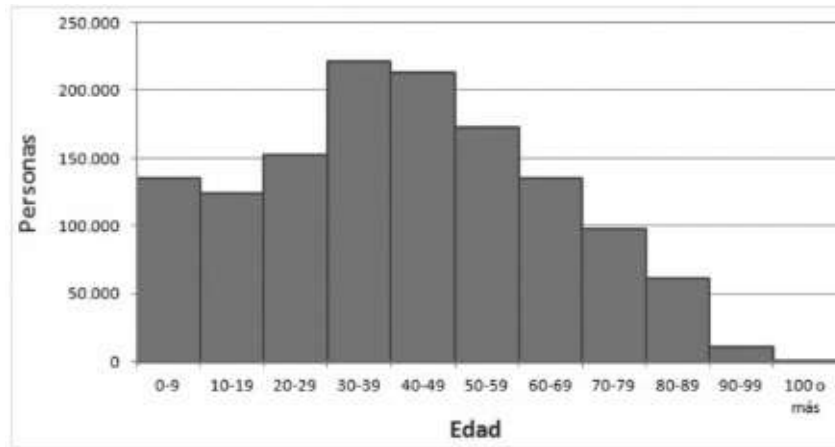


Ejemplo de diagrama causa-efecto

- **Histogramas**

Los histogramas son probablemente una de las herramientas gráficas más utilizadas en el mundo para mostrar cómo se distribuye un conjunto de datos concreto. Se aplica en todos los sectores empresariales y para todo tipo de actividades, desde presentaciones comerciales hasta grupos de mejora.

Consiste en un grupo de gráficos de barras verticales, en la que cada barra muestra la cantidad de datos que corresponde a una categoría concreta. Junto con el gráfico de control, es una herramienta que permite visualizar los datos obtenidos mediante hojas de control y realizar un primer análisis sobre el comportamiento del proceso que se está siguiendo.

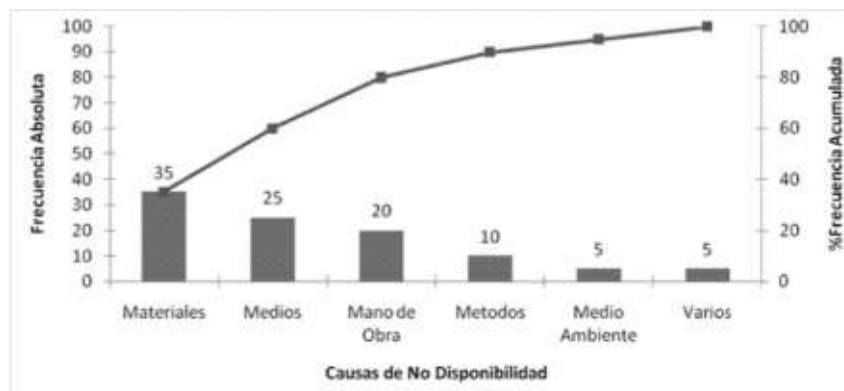


Ejemplo de histograma

- **Diagrama de Pareto**

El diagrama de Pareto es un método de análisis que permite discriminar entre las causas más importantes de un problema y las menos importantes. Se fundamenta en la teoría de que las causas de los problemas se pueden clasificar de dos formas: las importantes (las menos frecuentes) y las triviales (las más frecuentes).

Está basado en el Principio de Pareto, según el cual el 80% de los defectos están originados por un 20% de causas.

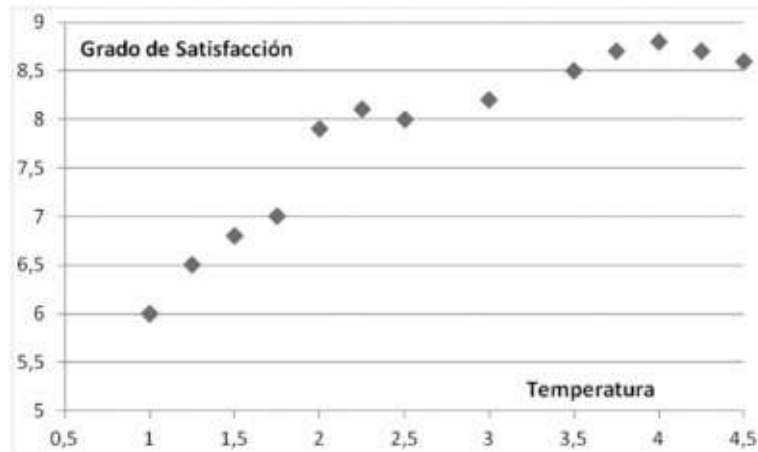


Ejemplo de diagrama de Pareto

- **Diagrama de Dispersión**

Esta herramienta permite identificar la posible relación entre dos

variables. Por ejemplo, cuando el aumento de una de las variables supone que la otra crezca proporcionalmente o viceversa, cuando el aumento de una variable hace que la otra disminuya siguiendo una relación. Esta relación entre variables se denomina correlación.

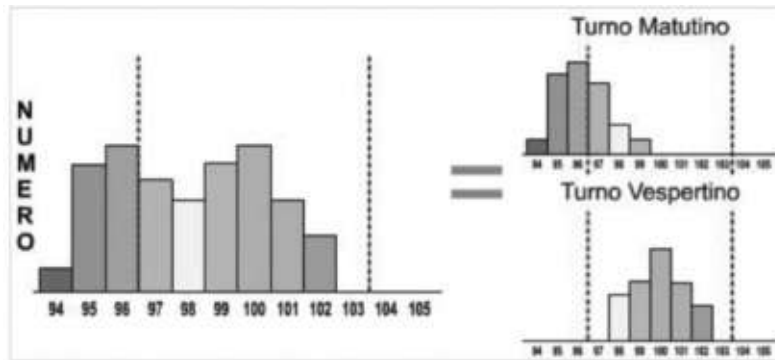


Ejemplo de diagrama de dispersión

- **Estratificación**

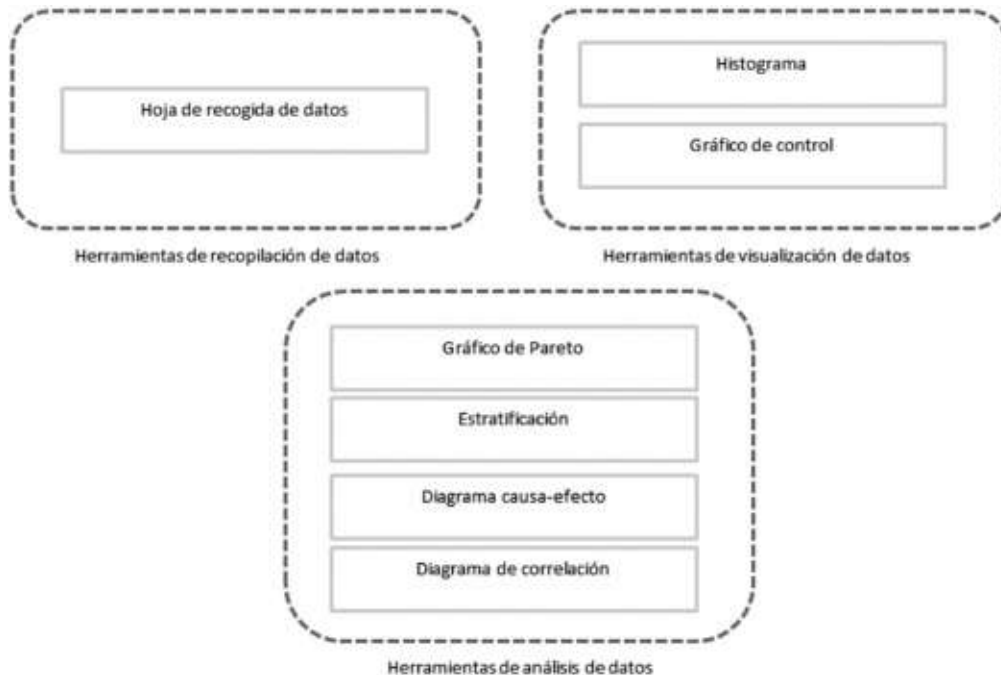
La estratificación no es una herramienta en sí misma sino que se trata de un procedimiento consistente en clasificar y mostrar gráficamente una serie de datos disponibles por grupos con características similares. Por ese motivo, a la hora de hablar de las “siete herramientas básicas de la calidad” algunos autores han sustituido la “estratificación” por los “diagramas de flujo” si bien, estos no aparecían en la recopilación original de Ishikawa.

En el ejemplo, se muestra una forma muy habitual de estratificar los datos relativos a defectos en piezas en empresas que trabajan a varios turnos (que se muestran en forma de histograma), simplemente elaborando un diagrama para cada turno.



Ejemplo de estratificación de datos

Todas las herramientas son diferentes y no deben ser utilizadas sin criterio: algunas de ellas permiten recolectar los datos e información necesaria para analizar un proceso e identificar un problema, otras permiten visualizar los datos gráficamente y otras extraer información y comenzar el análisis del problema y sus potenciales causas.



Clasificación de herramientas de control

En el capítulo siguiente, se analiza con más profundidad cada una de ellas.

HERRAMIENTAS DE MEJORA DE LA

2.3. CALIDAD

Un segundo grupo de herramientas lo ocupan las denominadas **“siete herramientas de gestión y planificación”**.

Se aplican en aquellas situaciones en las que existe poca información sobre el problema o bien los datos no están disponibles —o solo parcialmente— como puede ser la fase de diseño de un producto, en el que aún se desconocen qué tipo de fallos o errores pueden llegar a cometerse en su fabricación. Su enfoque es más proactivo que las anteriores, y permiten a la organización identificar problemas y potenciales fallos del producto antes de que lleguen a ocurrir.

Estas herramientas de planificación y dirección, denominadas también las **“siete nuevas herramientas para la mejora de la calidad”** son un complemento a las siete herramientas clásicas propuestas por Ishikawa. Fueron publicadas por la JUSE (Unión de Científicos e Ingenieros japonesa) con el objetivo de que los equipos directivos pudieran emplearlas en sus labores de gestión y planificación. De esta forma, se buscaba implicar aún más a la dirección en la gestión de la calidad de sus organizaciones.

Estas herramientas son más conceptualmente algo más complejas que las anteriores y por tanto, su uso suele estar limitado a personas de la organización que hayan sido específicamente formadas para ello.

- **Diagrama de afinidad**

El diagrama de afinidad es una metodología de trabajo que permite agrupar un buen número de ideas relacionadas entre sí en categorías más amplias. Suele emplearse cuando se dispone de abundante información sobre un problema o concepto pero de forma desorganizada.



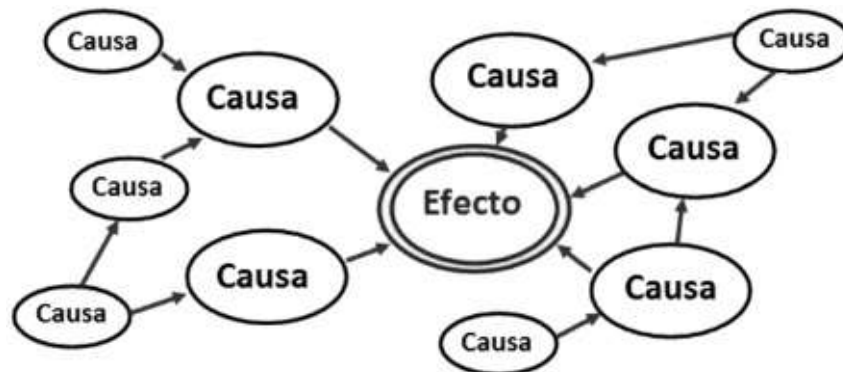
Ejemplo de diagrama de afinidad

Es una de las primeras herramientas que se utiliza en la fase inicial de resolución de problemas. Se desarrolla ampliamente en el Capítulo 4.

- **Diagrama de relaciones**

El diagrama de relaciones, al igual que el diagrama de afinidad, se emplea en la fase inicial de organización y gestión de datos. Tiene como objetivo identificar relaciones entre diferentes ideas o elementos.

En muchas ocasiones, se utiliza justo después del diagrama de afinidad, para analizar las ideas obtenidas a través de este.



Estructura del diagrama de relaciones

Su metodología de elaboración se describe ampliamente en el Capítulo 5.

- **Diagrama de árbol**

El diagrama de árbol es una herramienta que representa gráficamente todos los posibles resultados de un suceso siempre que estos sean un número concreto y finito. Su nombre es debido a la forma que adquiere el diagrama, en el que cada posibilidad se representa con una "rama". Aplicado al análisis y resolución de problemas, el diagrama de árbol puede emplearse como medio para identificar las relaciones entre un suceso y los elementos que influyen en su ocurrencia.



Ejemplo de diagrama de árbol

Se describe con detalle en el Capítulo 6.

- **Diagrama de matriz**

El diagrama de matriz o diagrama matricial, permite establecer

también relaciones entre ideas pertenecientes a categorías diferentes. Una de ellas se coloca en forma de fila y la otra de columna.

En el ejemplo que se muestra a continuación, se describe la relación existente entre distintos establecimientos de comida rápida y determinadas características nutricionales. Cada símbolo representa una relación más o menos intensa (el círculo sombreado representa una fuerte relación, el círculo sin sombreado una relación intermedia o moderada y el triángulo, una relación débil).

ELECCIÓN DE UNA HAMBURGUESA DE RES					
		RESTAURANTES DE CADENA			
		Burger King	Carl's Jr	Chili's	Mc Donald's
CARACTERÍSTICAS	Contenido Energético	○	○	●	△
	Carbohidratos	○	○	●	△
	Proteínas	○	○	●	△
	Grasa	●	○	●	△
	Grasa Saturada	●	○	●	△
	Grasa trans	○	△	●	△
	Peso Total	○	○	●	△

Ejemplo diagrama de matriz

Esta herramienta se describe ampliamente en el Capítulo 7.

- **Matriz de priorización**

El diagrama o matriz de priorización se emplea para priorizar u ordenar una serie de soluciones en base a determinados criterios. Pertenece a una fase posterior del análisis de problemas, en el que

ya se dispone de varias posibles soluciones y se necesita elegir alguna/s y descartar el resto.

Por lo general, los criterios utilizados son el coste, la comparación riesgo/beneficio, el tiempo necesario para implementarlo, la sostenibilidad...

También es habitual que estos criterios se utilicen de forma ponderada, es decir, considerando la importancia relativa que tienen entre ellos.

ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN	CRITERIOS				VALORACIÓN DE LA ALTERNATIVA
	¿Elimina o controla las causas?	¿Mejora la satisfacción de los usuarios/as?	¿Requiere pocos recursos?	¿Es fácil de implementar?	

Ejemplo matriz de priorización

En el Capítulo 8 se describe la metodología de selección y ponderación de criterios así como la elaboración de la propia matriz y selección de la solución óptima.

- **Diagrama de proceso de decisión**

Llegados al punto de haber elegido una solución entre todas las demás, llega el momento de ser conscientes de que una vez la pongamos en práctica surgirán problemas. Esta herramienta permite anticiparse a ellos —antes de comenzar a poner realmente en práctica la solución escogida— y buscar contramedidas que permitan eliminar el escollo o al menos, atenuar sus consecuencias.

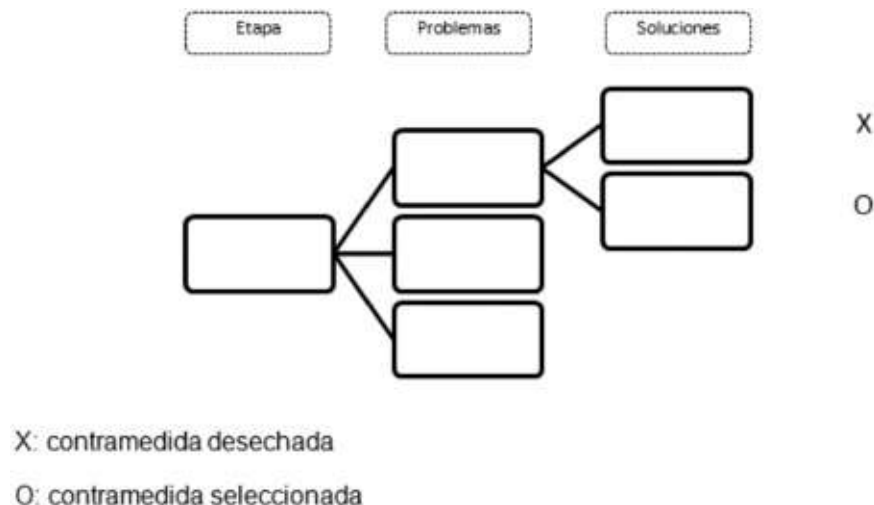


Diagrama de proceso de decisión

Como se verá en el Capítulo 9, el proceso finaliza obteniendo una serie de contramedidas aceptables (que se identifican con un O) y una serie de contramedidas posibles pero inaceptables (que se identifican con una X).

- **Diagrama de flechas**

Finalmente, el diagrama de flechas nos permite ir un paso más allá y, como se verá en el Capítulo 10, llegar a visualizar la planificación entera de un proyecto, incluyendo el orden lógico en que se llevarán a cabo las acciones y el tiempo necesario para ello. Esta herramienta permitirá identificar aquellos conjuntos de acciones (o trayectorias) críticas, en las que cualquier retraso afecta a la globalidad del proyecto.

Los nodos (círculos con un número de identificación) reflejan momentos en el tiempo; las flechas, representan actividades a realizar (actividad A, actividad B...) así como el sentido en que se va desarrollando el proyecto.

En el ejemplo que se muestra a continuación, la ruta crítica es la que recorre los nodos 0-1-37-8-12-1-1-17-18.

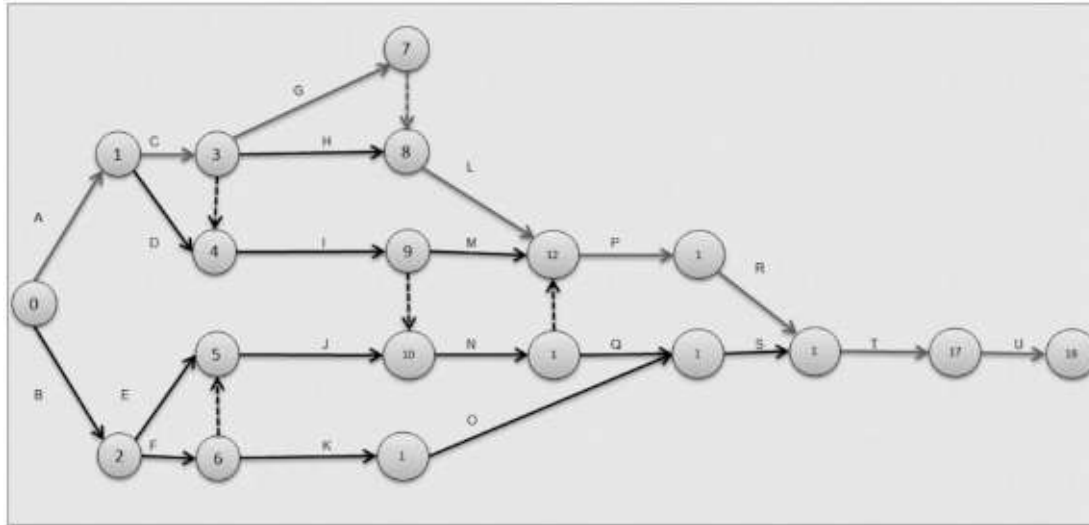
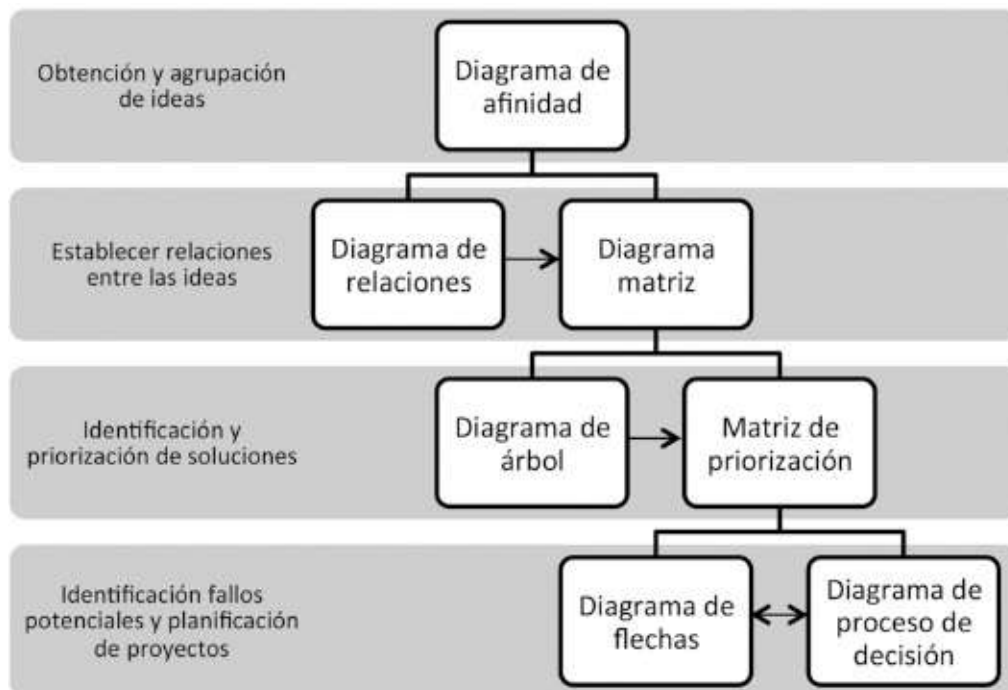


Diagrama de flechas

Se pueden aplicar varias de estas herramientas en el análisis de un mismo problema, generalmente siguiendo el orden lógico que se muestra a continuación.



Relación entre las distintas herramientas para la mejora

2.4. RESUMEN

A continuación se muestran todas las herramientas que se aplican habitualmente en el análisis de problemas y ciclos de mejora.

7 herramientas de control	7 herramientas de gestión
Diagrama de Pareto	Diagrama de afinidad
Diagrama causa-efecto	Diagrama de relación
Histograma	Diagrama de matriz
Hoja de recogida de datos	Diagrama de árbol
Gráfico de control	Matriz de priorización
Diagrama de dispersión	Diagrama de flechas
Estratificación	Diagrama de proceso de decisión

Herramientas la gestión de la calidad

CAPÍTULO 3.

LAS SIETE HERRAMIENTAS BÁSICAS DE LA CALIDAD

3.1. ORIGEN DE LAS SIETE HERRAMIENTAS BÁSICAS DE LA CALIDAD

3.1.1. Érase una vez un monje samurái...

El origen de la denominación “siete herramientas” hay que buscarla en la historia antigua japonesa.

Saitō Musashibō Benkei (popularmente llamado **Benkei**), es un nombre poco conocido en Europa pero que resulta ser uno de los personajes favoritos del folclore japonés. Fue un monje guerrero del siglo XII y la historia cuenta que desafiaba a todo aquel que se atreviera a atravesar el puente *Gojo* —en Kyoto—, y que se apropiaba de las espadas de todos aquellos oponentes que caían batidos en duelo.

Cuenta la leyenda que llegó a acumular 999 espadas y que finalmente perdió la contienda ante **Yoshitsune Minamoto**, otro de los más terribles y célebres guerreros samuráis de la historia de Japón. Lejos de acabar con la vida de ambos guerreros, este combate forjó una amistad que duraría hasta la muerte de ambos.

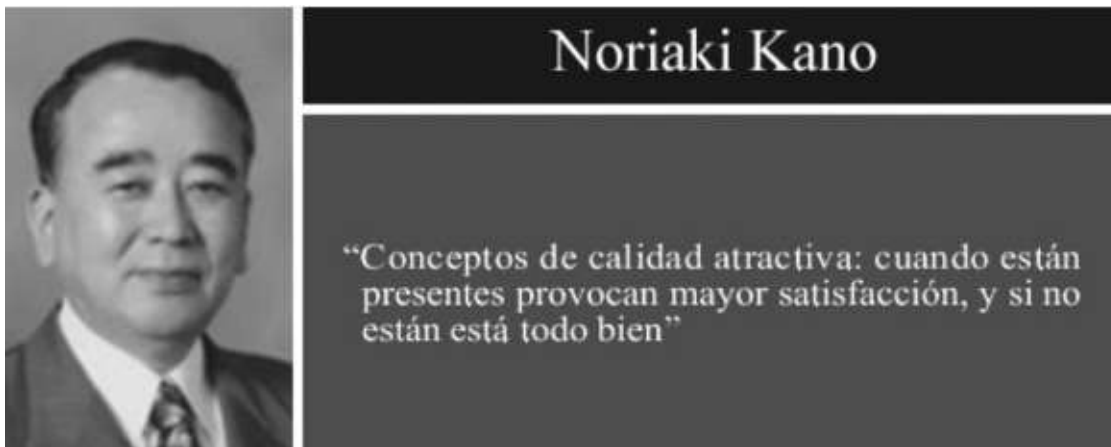


“The defeat of Benkei on Gojo Bridge” Hiroshige

Cuenta la leyenda que **Benkei** poseía **siete tipos diferentes de armas** —la espada Tachi, la lanza de hoja curva Naginata o la mítica katana Musamune entre ellas— con las que ganaba todas sus batallas.

Esta leyenda inspiró la denominación “**siete herramientas de la calidad**” a Kaoru Ishikawa cuando buscaba una forma sencilla de denominar a las herramientas de control de calidad que había agrupado en su libro.

Por otro lado, y según **Howard S. Gitlow**, el origen de la denominación de las “siete herramientas de la calidad” estriba en que también son siete las piezas básicas utilizadas por un guerrero Samurái al entrar en combate*. Esto, unido al hecho de que el número 7 tiene un gran significado místico para los japoneses, es lo que ha conseguido mantener invariable el número con el que se habla de las herramientas de la calidad a pesar de que existen otras muchas para el análisis de problemas.



Noriaki Kano está considerado como uno de los principales iconos de la industria japonesa actual por su trabajo innovador en el campo de la gestión de la calidad.

Es miembro de la sociedad japonesa para el control de calidad (JSQC) de la que fue presidente y actualmente es miembro del comité del premio Deming. Ha participado también como director de JUSE, es y miembro fundador presidente de la red asiática para la calidad (ANQ), así como miembro de la organización internacional para la normalización (ISO).

En el año de 1997 le fue otorgado el premio Deming por su teoría sobre la calidad atractiva así como por su contribución al mundo de la mejora de la calidad.

3.1.2. Érase una vez un químico japonés...

En los años cincuenta, cuando las teorías de **Shewhart** y **Deming** sobre calidad y control de procesos empezaban a calar en el tejido industrial japonés, el químico, doctor en ingeniería y profesor de la Universidad de Kyoto, Kaoru Ishikawa, comenzó a trabajar en sus teorías sobre el control de la calidad y a promocionarlas de forma activa como asesor de numerosas empresas e instituciones.

Algunas de los principios básicos de Ishikawa con referencia a la calidad eran los siguientes:

- **Educación:** la calidad empieza y termina con la educación.
- **Cliente:** es imprescindible identificar y satisfacer los requisitos del cliente.
- **Proactividad:** es más importante eliminar las causas de los problemas que los síntomas.
- **Responsabilidad:** el control de calidad es responsabilidad de todos los trabajadores.
- **Comunicación:** la información debe ser comunicada y difundida al personal de la organización.



Algunos de los principios básicos de la calidad de Ishikawa

En el marco de esta labor como consultor, en 1943 desarrolló por primera vez su famoso **diagrama causa-efecto**, como herramienta de apoyo en el análisis de problemas para un grupo de ingenieros de una industria japonesa.

El diagrama causa-efecto, una de las siete herramientas básicas para el control de la calidad, aún se emplea actualmente como método de identificación, selección y documentación de causas de la variabilidad de la producción y en general, para identificar las causas de cualquier tipo de problema recurrente en una organización.

Tras más de 30 años de experiencia como asesor, Ishikawa decidió publicar el libro "**¿Qué es el control total de la calidad? La modalidad japonesa**". En este libro, empresas tan relevantes como *Ford Motor Company*, *Bridgestone* o *IBM*, hicieron público su agradecimiento a su labor y contribución en el éxito de la implementación de las técnicas de TQM (*Total Quality Management*).



Kaoru Ishikawa

“El control de la calidad empieza con educación y termina con educación, hay que dar educación a todo el personal, desde el presidente hasta los operarios”

Kaoru Ishikawa está considerado hoy en día como uno de los padres de la calidad. En 1960 se incorporó a la organización ISO (ocho años después de su fundación) y en 1977 se convirtió en el presidente de la delegación en Japón de la entidad. En 1985, desarrolló sus teorías sobre ingeniería de procesos, sus 7 herramientas estadísticas para la calidad y los círculos de calidad.

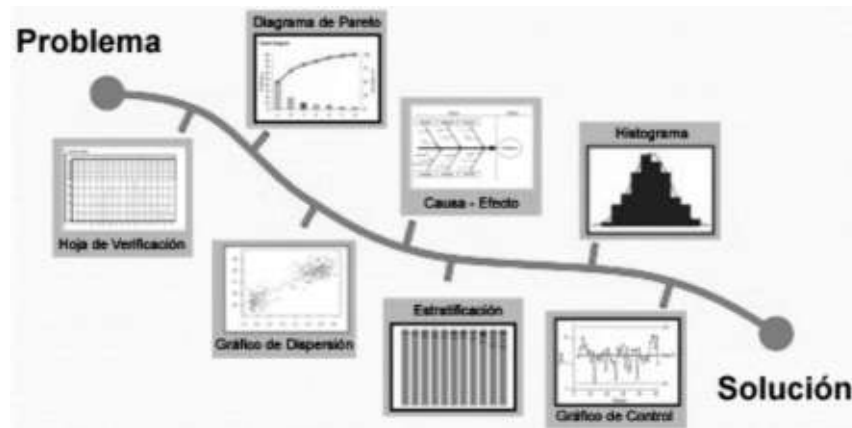
Ishikawa postuló que bastaban siete herramientas para solucionar la mayoría de los problemas sencillos relacionados con la calidad e, inspirándose en las siete armas del legendario monje samurái, las denominó las **siete herramientas de la calidad**:

- **Diagrama causa-efecto.**
- **Hoja de verificación (hoja de recogida de datos o checklist).**
- **Gráfico de control.**
- **Estratificación**
- **Histograma.**
- **Gráfico de Pareto.**
- **Diagrama de dispersión.**

La lista original publicada por la **JUSE** ha ido evolucionando y modificándose con el tiempo, y concretamente la herramienta *Estratificación* —más un concepto que una herramienta en sí misma— es sustituida por muchos autores por el *Diagrama de Flujo*. No obstante, el concepto de siete herramientas se ha mantenido inalterable.

Salvo el diagrama causa-efecto, estas herramientas no fueron

desarrolladas por **Ishikawa**, pero sí fueron agrupadas y recopiladas por este para mejorar el control de la calidad y también, para facilitar el trabajo de los círculos de calidad.



Siete herramientas básicas del control de la calidad

3.2. LAS SIETE HERRAMIENTAS BÁSICAS DE LA CALIDAD

Las herramientas básicas de la calidad son doblemente útiles para las organizaciones: no solo permiten la solución de problemas sino que también son un **elemento motivador** para los trabajadores que participan en este proceso al convertirlos en parte integrante de la solución de los problemas de sus procesos de trabajo.

Como se ha comentado en varias ocasiones, son herramientas gráficas sencillas, de fácil diseño y elaboración y de las que se pueden extraer conclusiones con bastante rapidez sin profundizar demasiado en el análisis.

Veamos con detalle cada una de ellas.

3.2.1. Hoja de comprobación

Las **hojas de comprobación** —también denominadas hojas de control, hojas de verificación, o más popularmente *checklist*— son

formatos especialmente diseñados para la recogida de datos. Habitualmente tienen formato de tabla o de lista. Se utilizan para simplificar y facilitar el proceso de toma de datos por parte de los operarios a los que se les asigne esa tarea.

Los datos son luego analizados y evaluados a través de otras herramientas pues el objetivo último es extraer información del comportamiento del proceso y detectar tendencias u otros comportamientos anómalos o no esperados.

LISTA DE CHEQUEO:
CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTOS FABRICADOS

Item/s inspeccionado/s: _____ Fecha: _____
Inspector: _____

Puntos chequeados: 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

1. Componentes usados	☐ SI	☐ NO	☐ N/A
¿Los componentes usados son correctos?	☐ SI	☐ NO	☐ N/A
¿Se poseen los registros de recepción de los componentes?			
Código de los informes de recepción:			
2. Actividades realizadas	☐ SI	☐ NO	☐ N/A
¿Se siguieron los procedimientos?	☐ SI	☐ NO	☐ N/A
¿Se usaron las revisiones vigentes de los procedimientos?	☐ SI	☐ NO	☐ N/A
¿Se rellenaron los registros y estos son correctos?			
3. Incidencias	☐ SI	☐ NO	☐ N/A
¿Producto final conforme?	☐ SI	☐ NO	☐ N/A
¿Existe alguna incidencia relacionada?			
Código incidencias relacionadas:			
4. Tiempos de producción	☐ SI	☐ NO	☐ N/A
¿Existieron retrasos en la fabricación?	☐ SI	☐ NO	☐ N/A
¿Hubo máquinas indisponibles?			
5. Entrega y logística	☐ SI	☐ NO	☐ N/A
¿Producto correctamente identificado?	☐ SI	☐ NO	☐ N/A
¿Producto conforme a las especificaciones del cliente?			
Observaciones			

Ejemplo de Hoja de Comprobación

3.2.1.1. Diseño de la Hoja de Comprobación

En primer lugar, se debe estudiar **qué** es lo que se quiere controlar y **por qué** se quiere controlar; quien diseñe la hoja de comprobación debe identificar muy bien qué datos son los que necesita para que la hoja de comprobación contenga la información suficiente y no se pase ni por exceso ni por defecto. Por tanto, el proceso de diseño de hoja de comprobación debe empezar estableciendo las preguntas que dan respuesta al fenómeno que se quiere investigar:



Información básica sobre el problema

Debe prestarse mucha atención al diseño de la hoja de comprobación, de manera que no obligue al operario que la deba cumplimentar a recoger más información de la realmente necesaria. De esa forma, el registro será más rápido y eficiente y asimismo, quien deba procesar y analizar los datos lo hará también con mayor facilidad.

La información recogida en las hojas de comprobación puede ser:

- Cuantitativa: dimensiones, pesos, temperaturas, volúmenes, tiempos...
- Cualitativas: tareas, resultados no cuantitativos, opiniones, estimaciones...

Algunos ejemplos de hojas de comprobación son las siguientes:

- Registro de control de las dimensiones de piezas tras un proceso de fabricación.

- Encuesta de satisfacción para clientes durante una promoción de un nuevo producto en un supermercado.
- Hoja de datos que se cumplimenta cuando un cliente trae un producto cubierto por la garantía para su reparación por el fabricante o servicio técnico oficial.
- Hoja de control para supervisar la realización de tareas de limpieza que se deben llevar a cabo en una zona.

Check-list Limpieza: COCINA

Limpia los cielorasos y paredes ☐

Limpia los objetos decorativos ☐

Limpia el ventilador de techo ☐

Quita las cortinas y persianas para aspirarlas ☐

Aplicar limpiador para horno y dejar actuar ☐

Limpia el microondas ☐

Limpia el refrigerador ☐

Limpia las perillas, tapa de quemadores, etc... ☐

Limpia los pequeños electrodomésticos ☐

Limpia las alacenas ☐

Acciona el lavaplatos sin nada dentro ☐

Limpia la mesada de la cocina ☐

Limpia los cajones de la cocina ☐

Limpia y encerar el piso ☐

Ejemplo de Hoja de Comprobación

- Número de clientes que llaman a un servicio de atención al cliente en una empresa.
- Control de los productos con fallos/no conformes en una línea de producción concreta de una empresa de fabricación en serie.

Algunos **datos básicos** que suelen incorporar las hojas de comprobación, independientemente del proceso que estén controlando son:

- **Área/proceso/actividad** donde están los datos para la que está diseñada la hoja.

- **Fecha de inicio/fin** cumplimentación datos (incluso la hora exacta, en determinados procesos).
- **Responsable de cumplimentación** (acompañado de firma, según la criticidad del dato recogido y de la legislación aplicable).
- **Campo de observaciones**, para que el operario pueda incluir aquella información que crea de interés y que no vea recogida en el resto del documento, como por ejemplo, si ha habido interferencia o se ha producido alguna incidencia durante el registro de los datos que pueda haber afectado a su valor.

Es importante cuidar también el diseño del documento, y comprobar que es adecuado para la persona o personas que vayan a utilizarlo habitualmente.

Debe emplearse un tipo de letra clara y con un tamaño suficientemente grande como para ser legible por el operario y lo suficientemente pequeña como para hacer un uso eficiente del papel. No se debe abusar de los colores (no más de dos colores a ser posible) y debe existir un buen contraste entre ellos.

La colocación de los campos a cumplimentar debe ser armoniosa para facilitar su ubicación y cumplimentación y se debe evitar la repetición innecesaria de texto y contenidos.

A continuación se muestran dos ejemplos del mismo registro —una encuesta de satisfacción de los alumnos en un curso—.

Indique su grado de satisfacción con:	
El horario del curso	☐
El material empleado	☐
El profesorado	☐
Las prácticas realizadas	☐

Ejemplo encuesta 1

Indique su grado de satisfacción con el horario del curso ☐
Indique su grado de satisfacción con el material empleado ☐
Indique su grado de satisfacción con el profesorado ☐
Indique su grado de satisfacción con las prácticas realizadas ☐

Ejemplo encuesta 2

En el *ejemplo 1*, la pregunta se ha remarcado en negrita, se han separado lo suficiente las preguntas como para distinguir unas de otras, los cuadros de respuesta están alineados y se ha utilizado un tipo y tamaño de letra adecuado para la lectura.

En el *ejemplo 2*, se hace un uso repetitivo del texto, el tipo de letra no parece ser el más adecuado para una lectura fácil por todo tipo de usuarios y visualmente, el cuestionario es menos claro y ordenado que el primero.

Una buena forma de asegurarse de que una hoja de comprobación es adecuada para el objetivo previsto, es hacer una prueba real —antes de ponerla en uso— rellenando varios formatos con datos simulados pero coherentes con los que después se van a recoger. Si además se puede contar con la colaboración de las personas que la vayan a utilizar —tanto quienes registren los datos como quienes los deban procesar después—, el resultado será aún mejor.

DEFECTO	DIA				TOTAL
	1	2	3	4	
Tamaño erróneo	I		III	II	26
Forma errónea	I	III	III	II	9
Depto. Equivocado		I	I	I	8
Peso erróneo	I	III	III		37
Mal Acabado	II	III	I	I	7
TOTAL	25	20	21	21	87

Ejemplo de Hoja de Comprobación

En cualquier caso, debe primar siempre la sencillez, claridad y funcionalidad de la hoja de datos, o esta resultará ineficaz.

3.2.1.2. Periodicidad de recogida de los datos

La periodicidad de la recogida de los datos se debe establecer en función de la variabilidad de los mismos y del grado de complejidad —o coste asociado— que suponga su recogida.

Por ejemplo, un taller fabrica ladrillos cerámicos por extrusión. La máquina extrusora es algo antigua y se decide realizar una medición exhaustiva del peso de cada una de las piezas de varios modelos para comprobar la eficacia del proceso y su variabilidad. Se decide pesar todas y cada una de las piezas fabricadas durante un año para poder identificar cualquier tendencia o estacionalidad que pueda influir en las especificaciones del producto.

Si bien el esfuerzo es grande porque se dedicó bastante tiempo a cumplimentar este registro, el beneficio obtenido fue aún mayor, puesto que se consiguió detectar un fallo en la máquina que estaba causando la fabricación de muchas partidas de ladrillos no conformes. La exhaustividad del registro permitió a la compañía descartar otras posibles causas, como el operario que manejaba la máquina o las materias primas utilizadas.

En algunos procesos o actividades, es necesario anotar todos los sucesos mientras que en otros, bastará con hacer un muestreo. En ese caso, hay que asegurarse de que la muestra obtenida es representativa de la población total.

3.2.1.3. Gestión de la Hoja de Comprobación

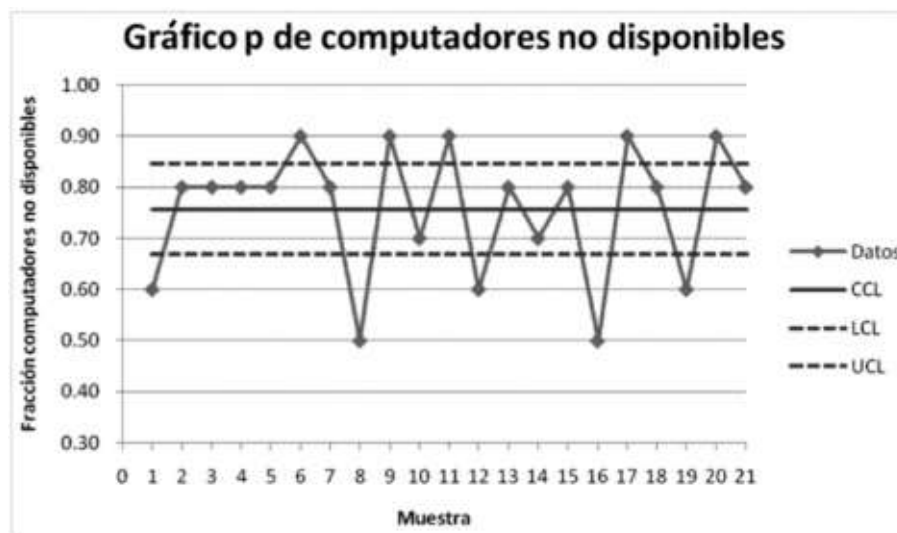
Se debe establecer claramente **cómo, quién y durante cuánto tiempo** se deben conservar las hojas de comprobación, cómo se asegurará que la información que contienen es “confiable” y a quién deben entregarse una vez transcurrido ese tiempo. También debe planificarse cómo se utilizará la información recopilada y cómo se analizará, así como el destino final de los resultados de la evaluación realizada.

Solo deben analizarse datos de hojas de comprobación que contengan datos fiables, completos y consistentes. El riesgo de que los datos puedan ser anotados de forma errónea o incorrecta —involuntaria o voluntariamente— existe y deben establecerse métodos para controlarlo. Hacer alguna comparación con datos de otro registro, puede ser una buena manera de comprobar la bondad de los datos.

3.2.2. Gráficos de control

Como se ha visto en capítulos anteriores, los gráficos de control son la primera técnica estadística aplicada al control de calidad y fueron puestos en práctica a principios del siglo XX por Shewhart como herramienta para el control de los procesos de fabricación.

Tras analizar los datos de numerosos procesos, Shewhart descubrió que todo proceso presenta una variabilidad, y de que dicha variabilidad tiene dos tipos de causas (controlables y aleatorias). A partir de ahí, el objetivo de Shewhart fue vigilar las causas controlables de la variabilidad de los procesos, que podían ser asignadas a distintos factores: falta de formación de los operarios, fallos en las máquinas, mala calidad de las materias primas... y una vez identificadas, eliminadas o al menos, atenuadas.



Ejemplo de Gráfico de Control

Un proceso con menor variabilidad, y por tanto más estable, genera productos de mayor calidad, de forma más eficiente y eficaz.

3.2.2.1. Tipos de gráficos de control

Existen dos tipos de gráficos de control:

- **Datos por variables:** los gráficos de control por variables se utilizan para estudiar procesos caracterizados con valores numéricos: peso, dimensiones, temperatura, presión, coste, tiempo...
- **Datos por atributos:** cuando no se pueden medir —o no es económicamente rentable hacerlo— las características del proceso, se emplean para controlarlo características de calidad cualitativas, es decir, características no cuantificables numéricamente.

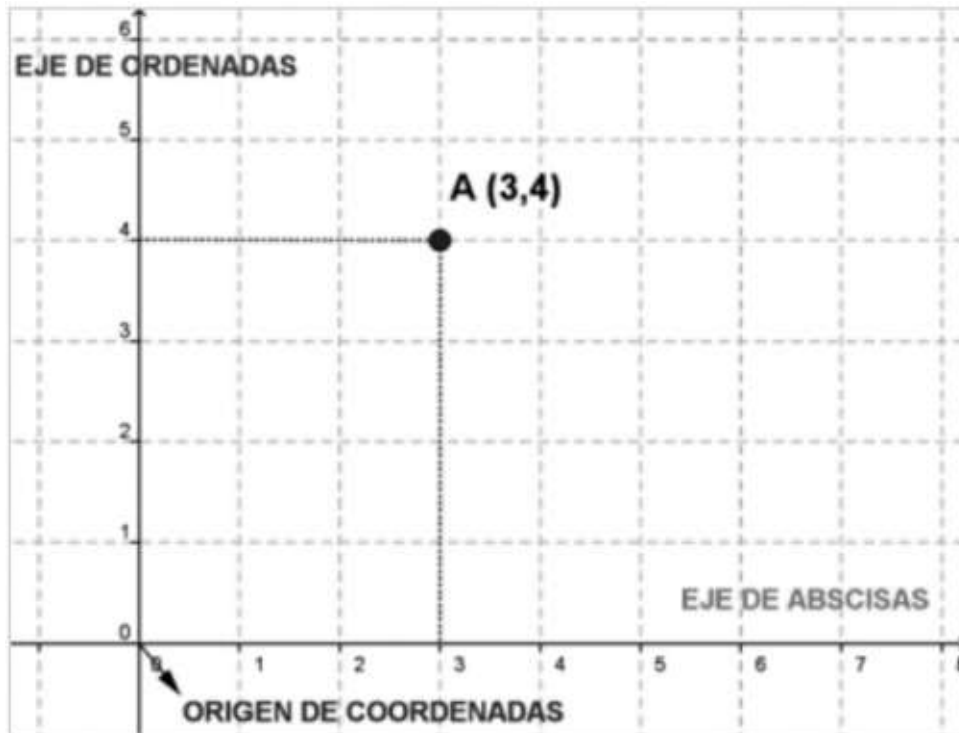
En este tipo de gráficos de control, un producto (generalmente un lote) se acepta o se rechaza en función del número de no conformes detectados en el lote. Los gráficos de control por atributos más empleados son los que miden la fracción de unidades defectuosas (respecto de la producción total), el número de unidades defectuosas por muestra, el número de defectos por muestra y el número de defectos por unidad.

En general, los gráficos de control por variables proporcionan más información que los gráficos de control por atributos sobre el rendimiento del proceso y permiten emprender acciones de mejora más eficaces. En concreto, facilitan más información sobre las causas que generan las anomalías y detectan pequeñas variaciones en el proceso. Asimismo, los tamaños muestrales que se necesitan para obtener datos fiables es menor que en el caso de los gráficos por atributos.

Los gráficos de control por variables más utilizados son aquellos que controlan el valor medio y la variabilidad de los datos mediante los valores de la media y la desviación típica.

3.2.2.2. Diseño del gráfico de control

El gráfico de control representa los valores de un proceso de forma gráfica, en un plano cartesiano, bidimensional, de coordenadas rectangulares. El eje vertical se denomina eje de ordenadas y en él se representa el valor de la variable. El eje horizontal se denomina eje de abscisas y suele representar el tiempo. El punto de corte de ambos se denomina origen del sistema.



Coordenadas cartesianas

Para crear el gráfico de control, el primer paso es representar los datos en el gráfico.

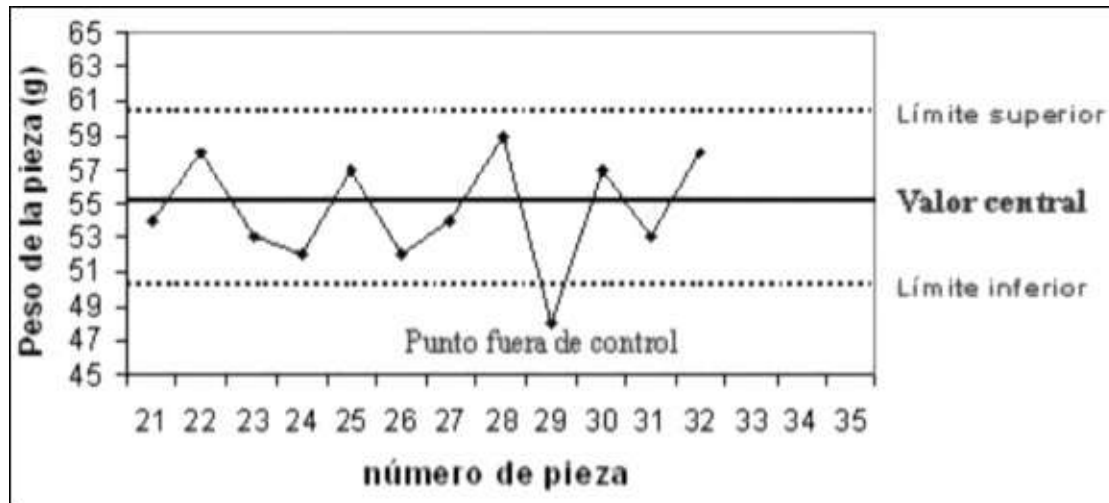
Después deben establecerse los **límites de control**: estos límites (superior, inferior o ambos) son los que indicarán si el proceso está o no controlado.

Siempre que los datos estén dentro de los límites de control el proceso estará controlado y viceversa, cuando una medición esté fuera de los límites de control, significará que el proceso se ha descontrolado (al menos puntualmente) y **será momento de analizar la magnitud de la desviación, las posibles causas y establecer —si es procedente— las medidas de control más adecuadas.**

En el ejemplo que se muestra a continuación, el gráfico muestra la variabilidad del peso de las piezas fabricadas en una empresa. Cada dato, se corresponde al peso de una pieza medida de forma consecutiva.

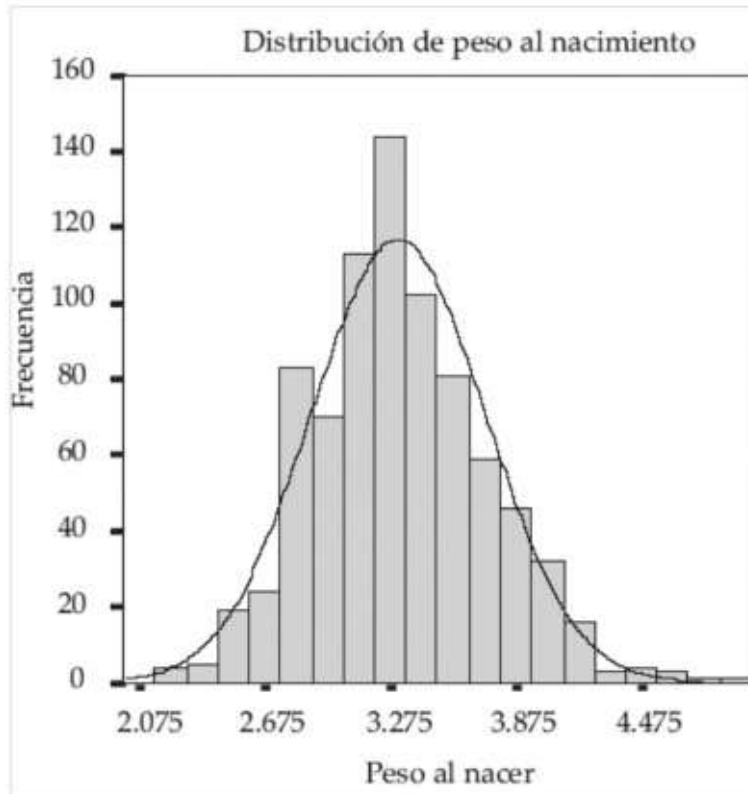
Según los límites establecidos, el peso debe oscilar entre 50 y 60 gramos aproximadamente (límite inferior y superior, respectivamente) y

se puede ver cómo en la pieza 29, ha habido algún problema en la producción que ha afectado al peso de la pieza que ha descendido de forma significativa (aunque también debe considerarse la posibilidad de un error en la medición).



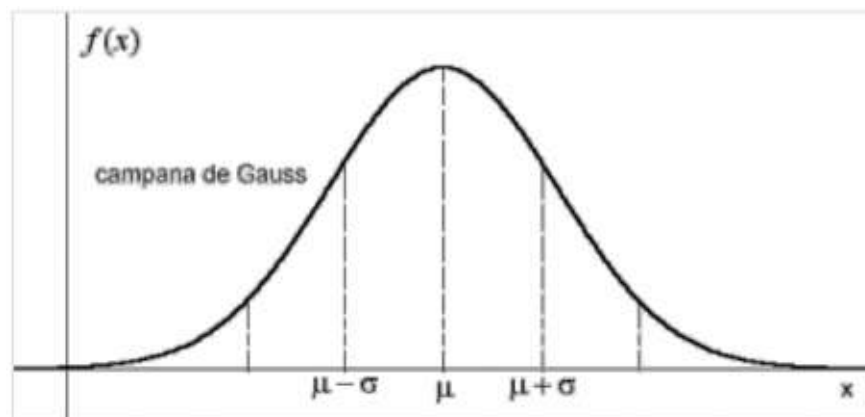
Ejemplo de gráfico de control

Los límites de control suelen establecerse tomando como referencia la distribución de Gauss (también llamada distribución normal dado que la variabilidad de la mayoría de procesos que existen en la naturaleza y en la industria responde a este tipo de distribución).



Ejemplo de distribución normal

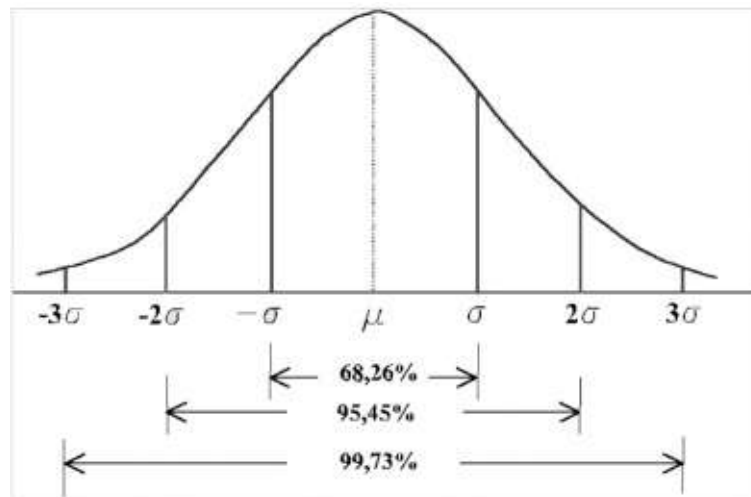
En este modelo de distribución de datos, los valores se agrupan alrededor de la media (μ) de la forma que se muestra en la figura inferior.



Campana de Gauss

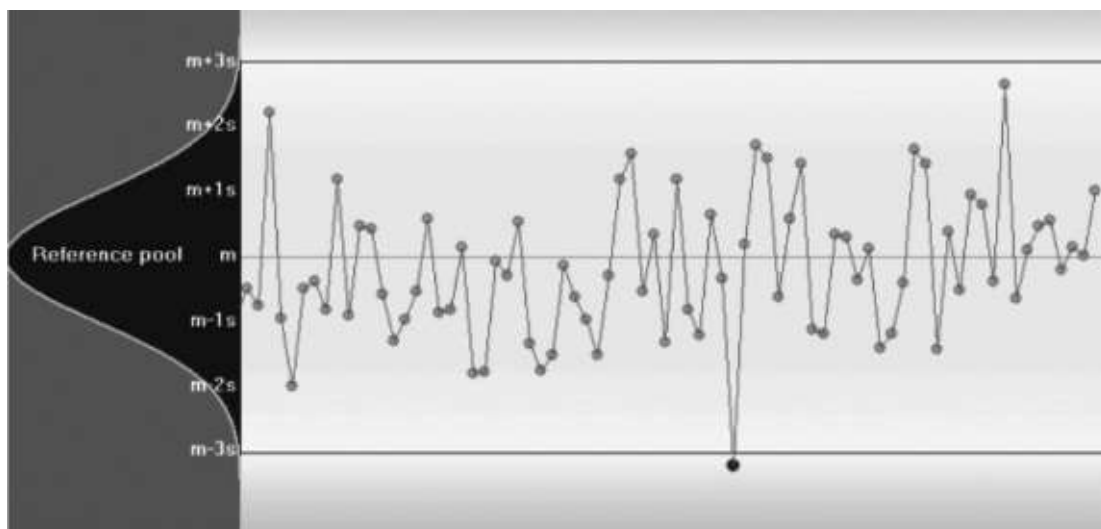
Siendo σ la desviación típica, se pueden calcular la distribución de los datos a medida que nos vamos alejando de la media μ .

En este tipo de distribución, casi el 70% de los valores está comprendido en una franja comprendida entre $\mu - \sigma$ y $\mu + \sigma$, y prácticamente la totalidad de los datos se encuentra entre los límites establecidos por $\mu - 3\sigma$ y $\mu + 3\sigma$.



Valores de la distribución normal

Aplicando este modelo en el control de la variabilidad de un proceso, se suele establecer como línea central del proceso el valor de la media (μ) y como límites superior e inferior de control los valores de $\mu - 2\sigma$ y $\mu + 2\sigma$ ó $\mu - 3\sigma$ y $\mu + 3\sigma$ (según los niveles de exigencia que se quieran establecer).



Ejemplo de gráfico de control aplicando los límites de control de la distribución Gauss

Para poder controlar el proceso, se necesita partir de unos valores iniciales que nos permitan calcular la media y los límites de control correspondientes.

Los valores se deben recoger durante un periodo suficiente que permita hacer una estimación representativa del valor medio y la desviación típica. Aunque se puede hacer “a mano”, es recomendable emplear algún software —puede ser una sencilla hoja de cálculo— como apoyo.

Una vez se dispone de estos datos, los valores pueden empezar a representarse gráficamente y a interpretarse.

3.2.2.3. Interpretación de un gráfico de control

En un proceso continuo, el gráfico de control muestra la situación de cada valor medido en relación a la media y a los límites de control. El gráfico de control se convierte en una buena herramienta para detectar situaciones anormales.

Para evaluar si el proceso está o no controlado deben tenerse en cuenta los límites de tolerancia establecidos, y del porcentaje de datos que resulten incluidos dentro de dichos límites.

Por ejemplo, si los límites de control incluyen el 75% de los datos, el proceso estará controlado aunque un 25% de los datos no estén incluidos dentro de los límites (aprox. un 12% por encima y otro 12,5% por debajo). Que un punto esté fuera de los datos no tendría importancia y se consideraría normal. No obstante, supondría un aviso para controlar la aparición de nuevos puntos fuera de los límites.

Por el contrario, **si los límites de control incluyen el 95% de los datos, la situación se vuelve más restrictiva y solo el 2,5% puede estar por encima y por debajo de los límites.** De esta forma, un único punto fuera de los límites de control significa que ha ocurrido algún hecho o circunstancia que ha alterado el desempeño normal del proceso.

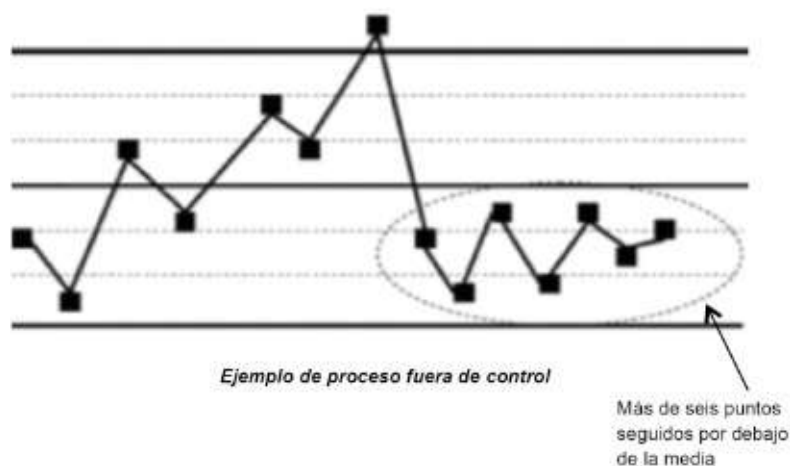
Una vez identificado el punto fuera de control, se debe seguir la trazabilidad de la medición (probablemente hasta una hoja de

comprobación como las vistas en el apartado anterior) para determinar los valores de **QUÉ, CUÁNDO, DÓNDE, QUIÉN** y tratar de averiguar el **POR QUÉ**.

Los gráficos de control no solo permiten identificar valores fuera de los límites, sino que permiten identificar tendencias (las tendencias permiten emprender acciones proactivas ANTES de que el proceso esté fuera de control) y también desestabilizaciones (cuando los valores se reparten bien por encima o por debajo de la media de forma anómala).

Se considera que un proceso está fuera de control en las siguientes circunstancias:

- Se detecta un valor fuera de los límites del 95%.
- Se detectan tres valores consecutivos fuera de los límites del 75%.
- Se detectan tendencias crecientes o decrecientes en cuatro o más valores consecutivos.
- Se detectan más de seis valores seguidos bien por encima de la media (parte superior del gráfico) o por debajo de la media (parte inferior del gráfico).
- Se detecta que los valores siguen un patrón y no se reparten de forma aleatoria.

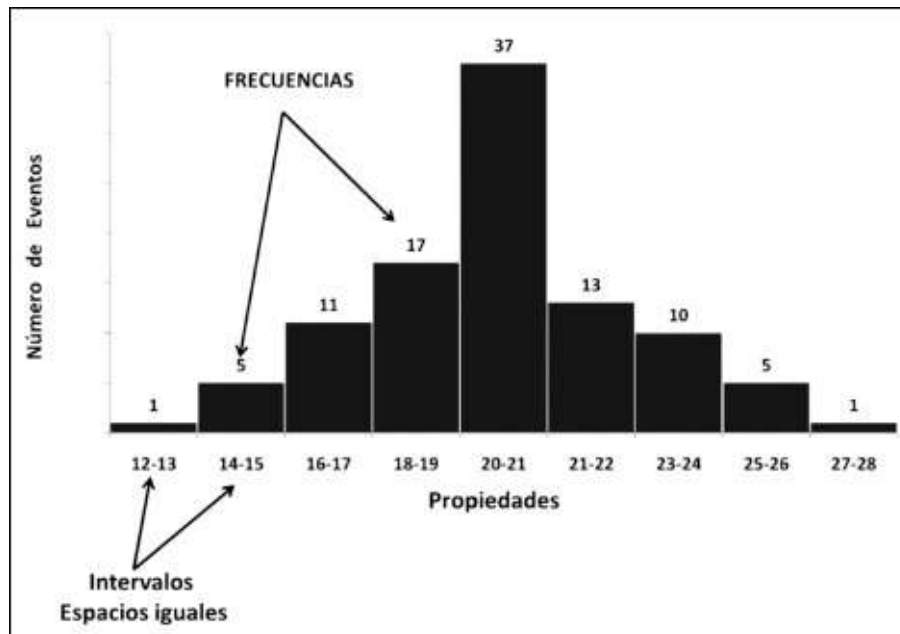


Ejemplo de proceso fuera de control

3.2.3. Histograma

3.2.3.1. Diseño del histograma

El histograma es una de las representaciones gráficas de datos más utilizada y permite presentar en forma de rectángulos verticales u horizontales un grupo de datos agrupados en rangos de valores. La superficie de cada rectángulo es directamente proporcional a la frecuencia absoluta de los valores que representa.



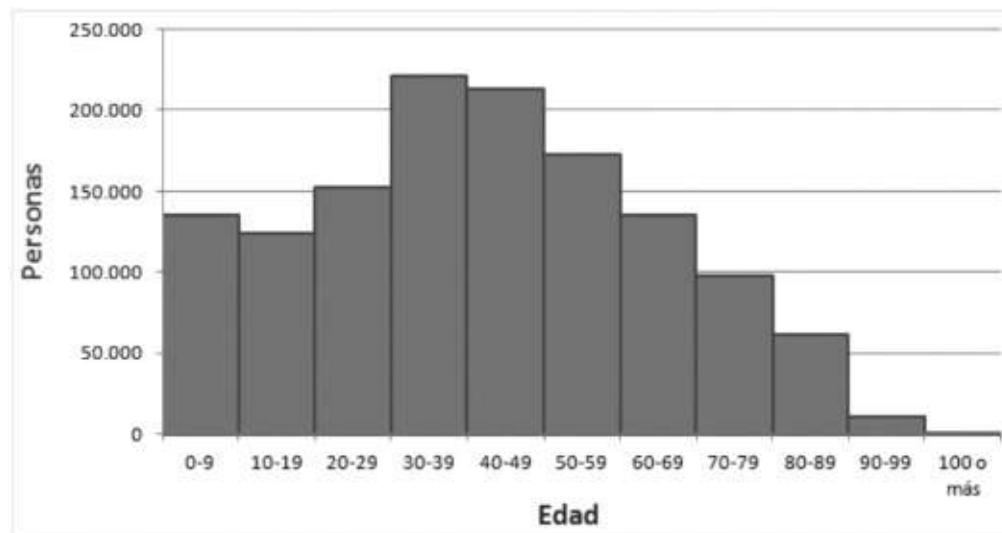
Elementos que componen un histograma

Se suele utilizar para representar variables *continuas* (como el peso, edad, tiempo, temperatura, coste, consumo de energía...) aunque se puede utilizar también para representar variables discretas que solo pueden tomar valores determinados dentro de un conjunto (por ejemplo, aquellas variables que solo pueden representarse por números enteros: número de hijos, nº de alumnos en las aulas, nº de trenes que llegan a la estación cada hora...).

Este tipo de diagrama especialmente útil cuando se dispone de muchos datos, y se utiliza ampliamente en presentaciones de la información a terceras personas ya que permite visualizar rápidamente tendencias, agrupaciones, dispersiones, etc.

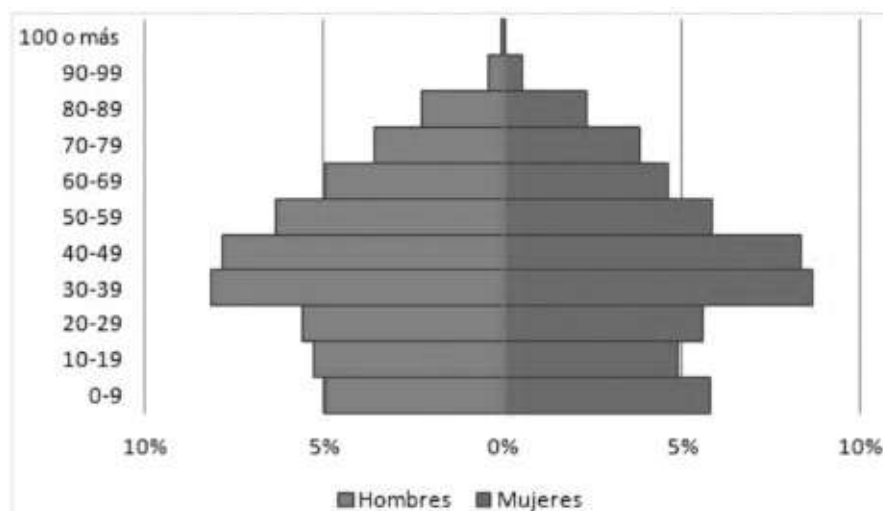
Por ejemplo, el histograma que se muestra a continuación muestra

como es la distribución de la variable “edad” de una población (eje vertical) agrupada en tramos de 9 años (eje horizontal). En un análisis rápido ya se puede observar que el mayor número de personas tienen una edad comprendida entre 30 y 39 años, con un valor que supera las 200.000 personas.



Ejemplo de histograma

Este tipo de diagrama también es útil para comparar las distribuciones de dos parámetros diferentes pero que están íntimamente relacionados y cuyo análisis va parejo. Por ejemplo, en el histograma que se muestra a continuación, se muestran los valores de dos parámetros distintos pero complementarios para el análisis como son el número de hombres y el número de mujeres de una misma población.



Ejemplo de histograma

Para diseñar un histograma, hay que tener en cuenta los siguientes pasos:

1. Preparación de los datos: preferiblemente en un documento tipo Excel o similar. Esto facilitará el manejo y el procesado de los mismos.

100	125	148	141	102	163
155	141	190	183	123	101
154	100	102	114	111	157
189	143	158	164	144	133
139	183	143	123	132	151

Valores

2. Identificar el valor máximo y el valor mínimo (los extremos de los datos) o recorrido total.

En el ejemplo anterior, el valor máximo es 190 y el valor mínimo es 100, con lo que el **recorrido** es $190 - 100 = 90$.

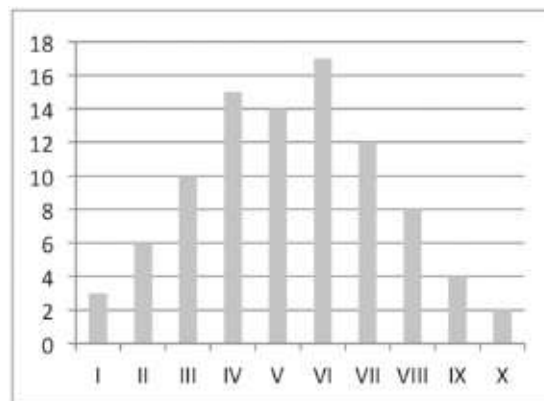
100	125	148	141	102	163
155	141	190	183	123	101
154	100	102	114	111	157
189	143	158	164	144	133
139	183	143	123	132	151

Valores máximo y mínimo

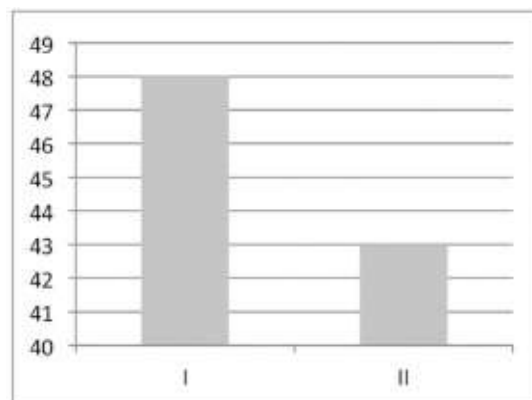
3. Definir las clases (o el ancho de las barras). La amplitud de la clase es importante: una clase muy pequeña desembocará en un diagrama con muchas barras pero más informativo; una amplitud mayor, llevará a obtener un diagrama con menos barras pero que aportará menos información al usuario.

Los diagramas que se muestran a continuación representan la misma distribución. En el histograma A, se han seleccionado diez clases, en el histograma B, solo dos.

En el primer caso, se observa claramente la forma de campana que adquiere la distribución; en el segundo caso, no es posible llegar a dicha conclusión



Histograma A



Histograma B

Se recomienda establecer la amplitud de la clase en función del número de datos siguiendo los criterios de la tabla siguiente:

Número de datos	Número de clases recomendado
20-50	6
51-100	7
101-200	8
201-500	9
501-1.000	10
Más de 1.000	11-20

Definición de las clases en función del número de datos

Para el ejemplo de datos que estamos viendo (30 datos) se ha decidido que se establecerán seis (6) clases. La amplitud de la clase se establece dividiendo el recorrido total por el número de clases.

Es decir: $90/6=15$

4. El siguiente paso es construir las clases estableciendo claramente los límites de cada una de ellas y calcular la frecuencia de cada clase.

100	125	148	141	102	163
155	141	190	183	123	101
154	100	102	114	111	157
189	143	158	164	144	133
139	183	143	123	132	151

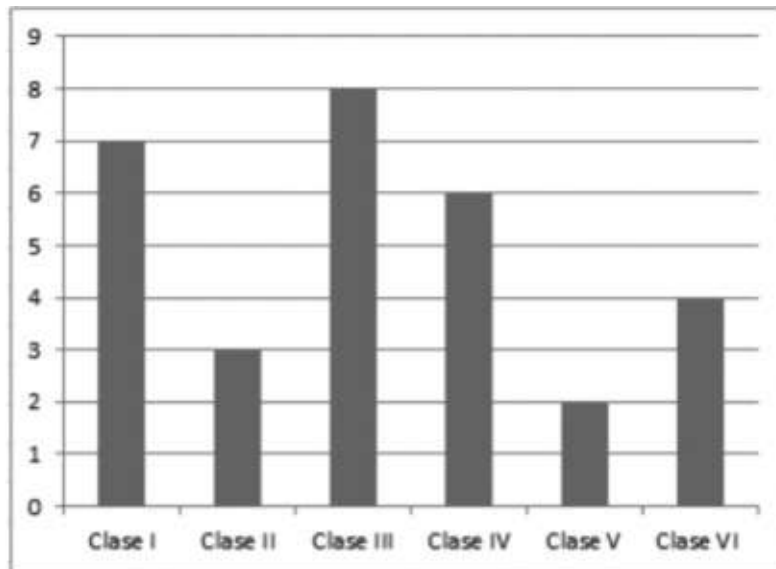
Datos incluidos en la Clase I

El resultado para nuestro ejemplo se ve en la tabla siguiente:

Clase	Intervalo	Número de valores
I	100-115	7
II	116-130	3
III	131-145	8
IV	146-160	6
V	161-175	2
VI	176-190	4
		30

Distribución de los datos

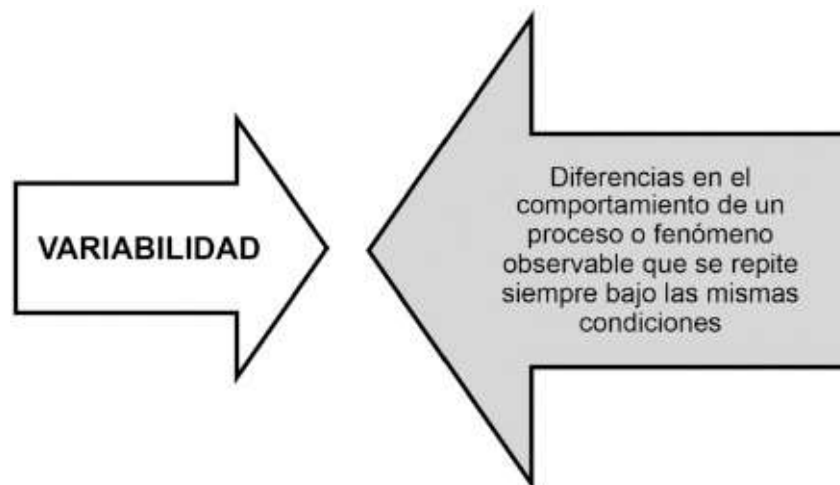
5. El último paso es dibujar el gráfico:



Histograma

3.2.3.2. Interpretación del histograma

A partir de un histograma se puede analizar la acumulación o tendencia, la variabilidad o dispersión y la forma de la distribución.



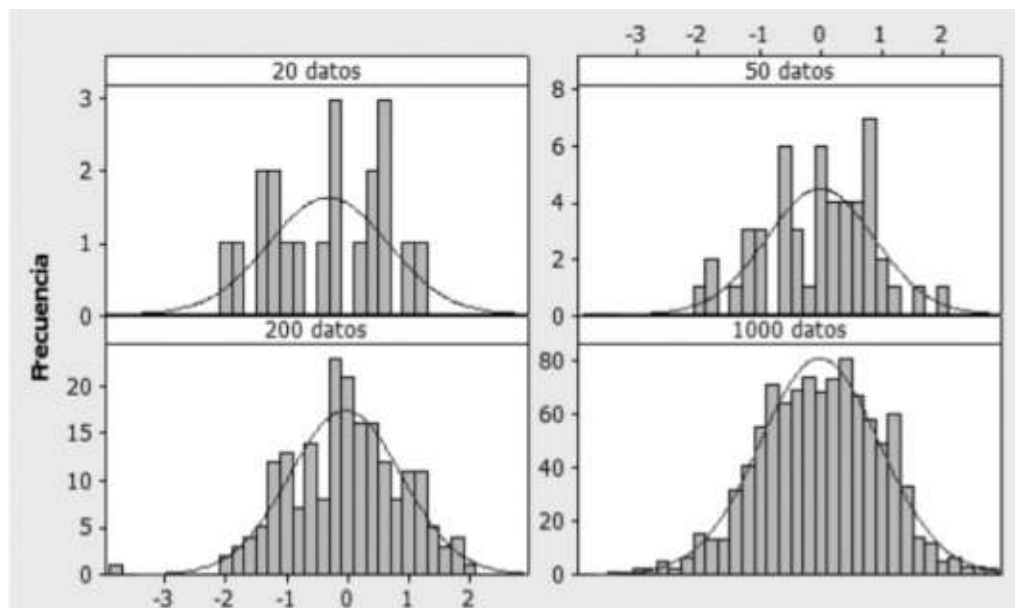
No obstante, antes de analizar un histograma, hay que asegurarse primero de que los datos son válidos y de que la muestra es suficientemente representativa. Para poder realizar un análisis de la variabilidad de una muestra se recomienda que al menos se disponga de 50 mediciones.

Si se ha elaborado de forma adecuada y con observaciones suficientes, el histograma es una herramienta útil para analizar procesos, comparando los resultados obtenidos al estudiar un proceso con los datos que se esperaba —los objetivos del proceso, por ejemplo— sin más que superponer ambos diagramas. Se puede ver rápidamente el grado de desviación que tiene lugar y dónde se produce.

Pero su mayor utilidad es analizar el comportamiento del proceso comparando la distribución que muestra el histograma con una **distribución normal o de Gauss**.

Como se comentaba en el apartado anterior, la mayoría de los datos que representan los procesos analizados en la vida diaria, responden a una distribución normal. Esto significa que si hacemos un histograma en base a esos datos, la representación gráfica obtenida debe ser coherente con este tipo de distribución y presentar la forma típica de campana de la distribución gaussiana.

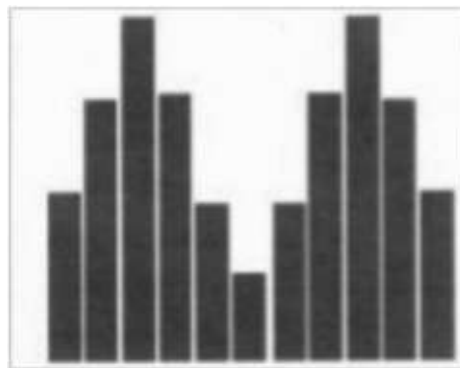
Cuando se analizan distribuciones con pocas observaciones, no siempre se puede identificar este tipo de distribución: cuanto mayor sea el número de datos que se está analizando, mayor correspondencia debería haber con una distribución normal.



Ejemplo de histograma de una distribución normal

Cualquier desviación del proceso respecto de la distribución normal en forma de campana suele representar un problema en el funcionamiento del mismo.

Por ejemplo, una distribución en doble pico puede significar que se están midiendo dos procesos al mismo tiempo, mientras que una distribución plana podría significar un proceso poco sistematizado y desorganizado.

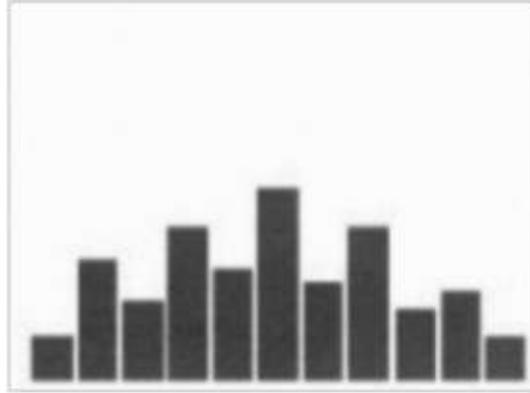


Distribución doble pico



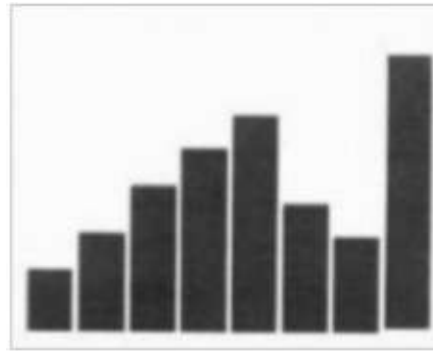
Distribución plana

Una distribución en “peine” nos indicaría algún error en la toma de datos o en la agrupación de los mismos.



Distribución en peine

Una distribución normal que presenta picos aislados, puede significar que se ha tomado mal algún dato.



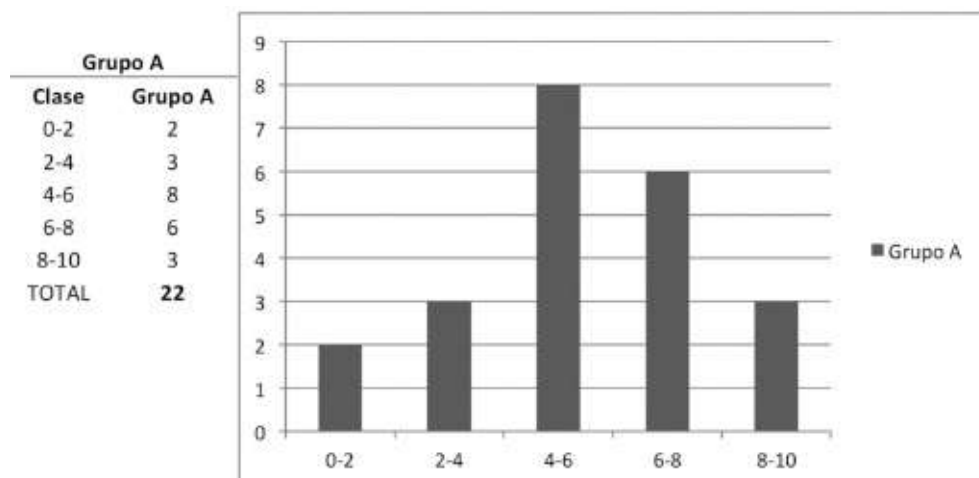
Distribución normal con picos aislados

A modo ejemplo, a continuación se muestran tres histogramas (A, B y C) correspondientes a las clasificaciones obtenidas por tres diferentes grupos de alumnos de una asignatura. Veamos qué puede significar y qué conclusiones se pueden extraer de la forma de cada uno de ellos. Cada grupo tiene 22 alumnos que alcanzan notas comprendidas entre 0 y 10, y se ha decidido establecer cinco clases:

- Clase I: $0 < \text{nota} \leq 2$
- Clase II: $2 < \text{nota} \leq 4$
- Clase III: $4 < \text{nota} \leq 6$
- Clase IV: $6 < \text{nota} \leq 8$
- Clase V: $8 < \text{nota} \leq 10$

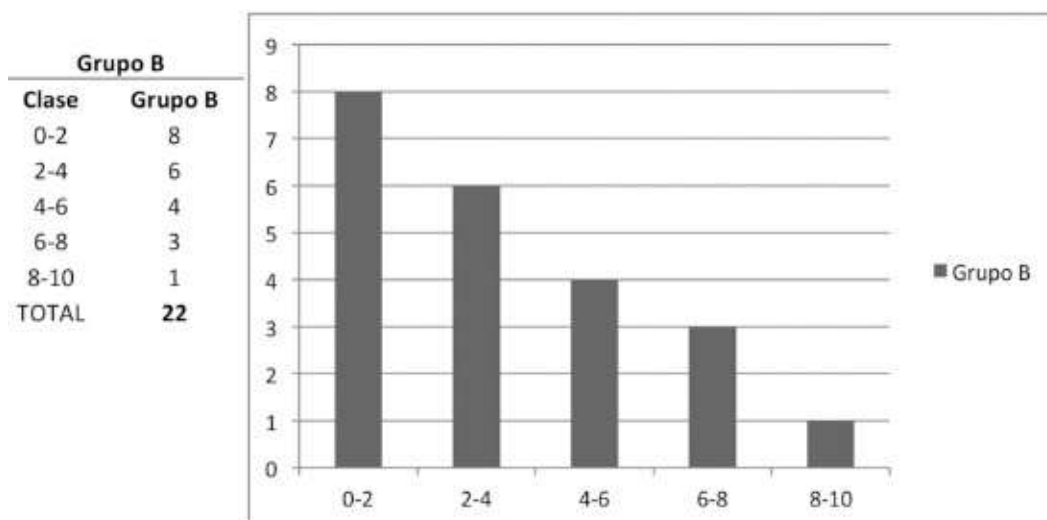
El grupo A muestra una distribución razonablemente simétrica
 "***** DEMO - www.ebook-converter.com *****"

respecto de la clase con mayor frecuencia (alumnos cuyas notas están comprendidas entre 4 y 6). Esta distribución guarda similitud con la distribución normal.



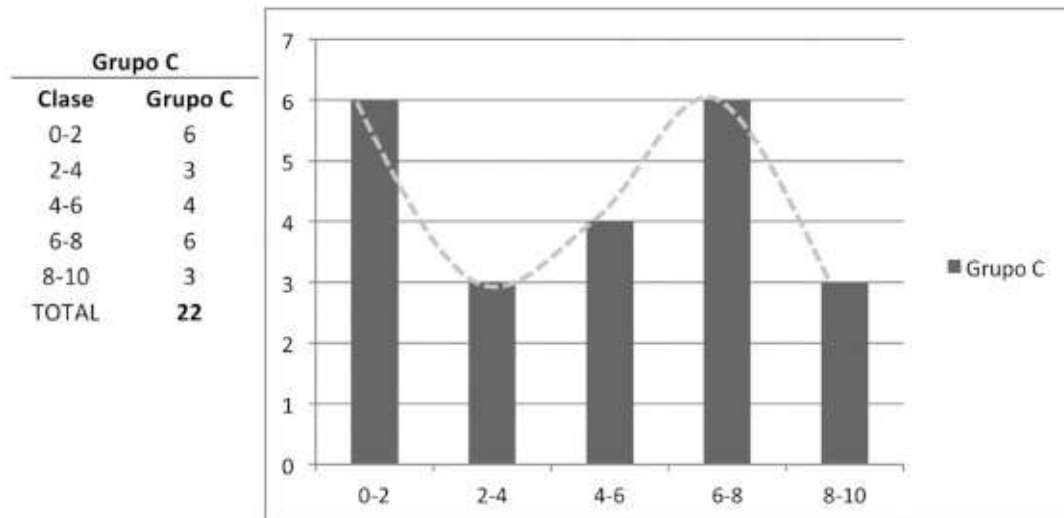
Datos e histograma correspondiente al Grupo A

En el grupo B, la distribución muestra un sesgo positivo, estando la mayoría de los datos acumulados en la zona izquierda del gráfico y existiendo muy poca densidad en la zona derecha. Según esto, la mayoría de los alumnos están obteniendo notas muy bajas. Las razones pueden ser variadas: un profesor demasiado exigente, o un grupo de alumnos poco interesados en la signatura.



Datos e histograma correspondiente al Grupo B

En el grupo C, la distribución toma una forma peculiar, en la que se solapan dos distribuciones normales. Esto puede significar que el grupo esté formado por dos tipos de alumnos, con distintos conocimientos (repetidores y otros) y con distintos hábitos de estudio.

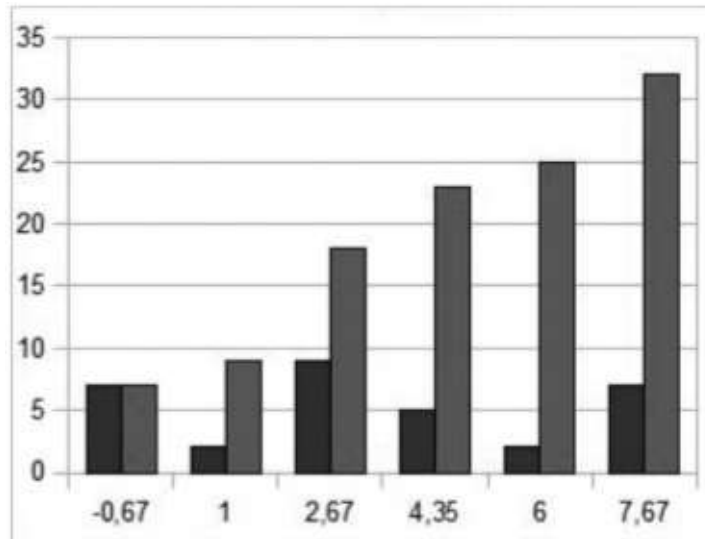


Histograma correspondiente al Grupo C

3.2.3.3. Tipos de histogramas

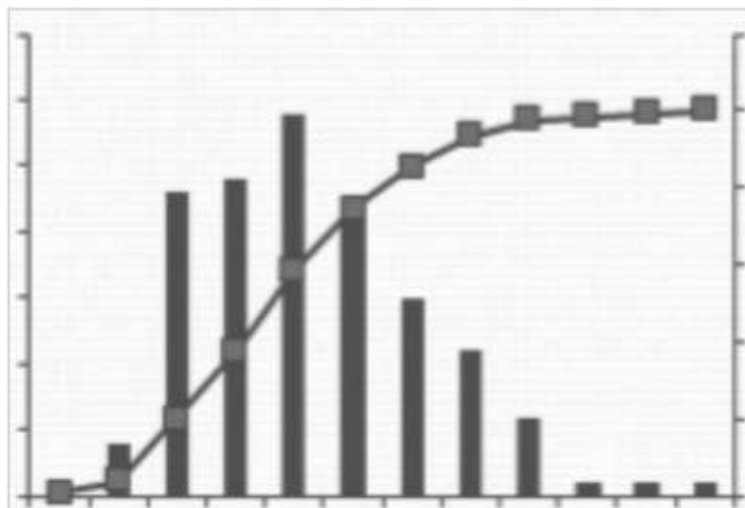
Aunque el más frecuente es el histograma simple, que refleja el valor de las frecuencias absolutas de cada clase, existen otros tipos de histogramas, algo más complejos.

- Histograma *acumulado*: en lugar de las frecuencias absolutas, muestra las frecuencias acumuladas (cada frecuencia se suma al valor de las anteriores).



Histograma frecuencia absoluta y acumulada

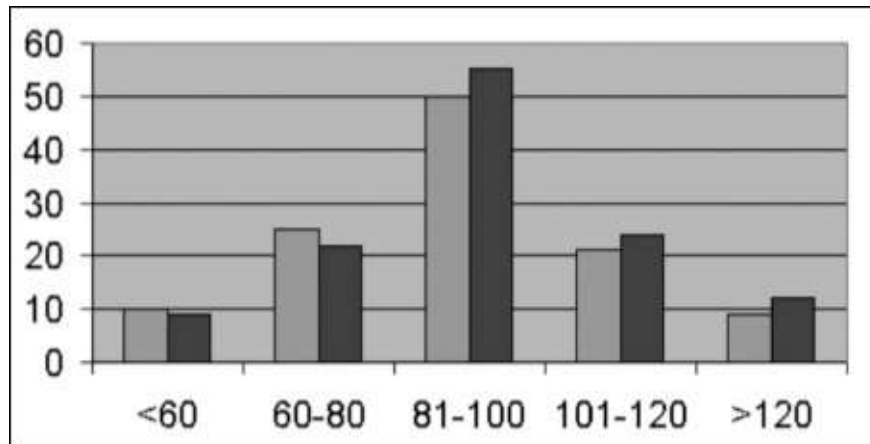
En este otro ejemplo, la frecuencia acumulada se muestra en forma de línea superpuesta a las barras del histograma.



Histograma frecuencia absoluta y acumulada

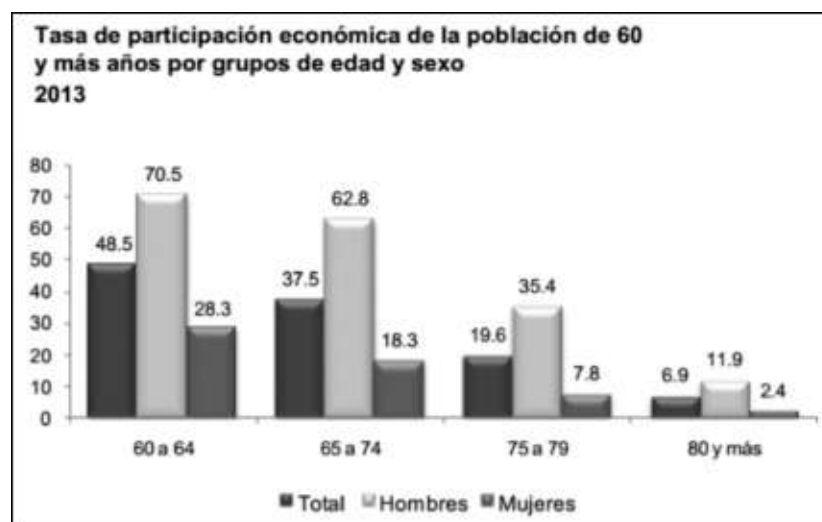
En este tipo de histogramas, la frecuencia acumulada se suele denominar ojiva.

- Histogramas por *grupos*: muestran de forma simultánea las distribuciones de distintas variables, por lo general, relacionadas entre sí, para facilitar su análisis conjunto.



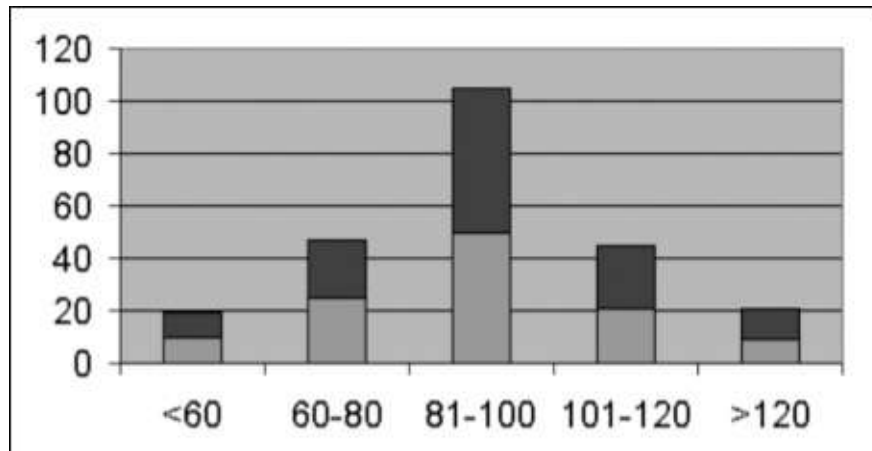
Histograma por grupos

Son muy frecuentes en estudios de población (hombres/mujeres), en comparación de resultados en diferentes años, etc.



Histograma por grupos

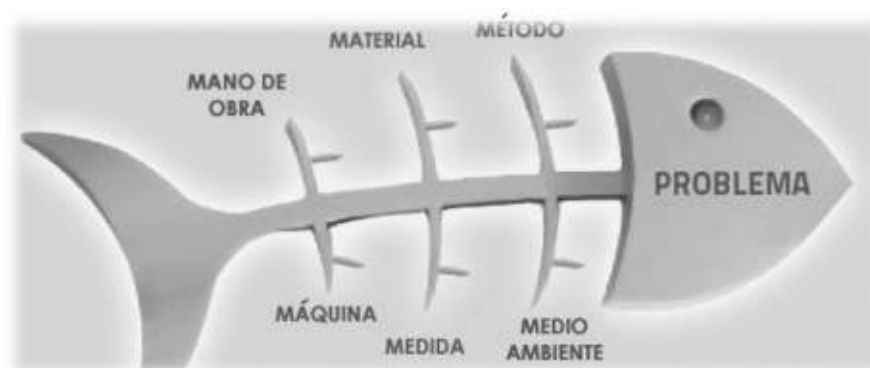
- *Estratificado*: similar al histograma por grupos, se utiliza para representar las distribuciones de diferentes variables en el mismo diagrama.



Histograma por grupos

3.2.4. Diagrama causa-efecto

El diagrama causa-efecto, es la única herramienta creada originalmente por Kaoru Ishikawa, por lo que también es conocida como diagrama de Ishikawa o más popularmente, como espina de Ishikawa. La razón de esta última denominación es la forma característica que adopta el diagrama una vez construido, que recuerda a una espina de pescado.



Espina de Ishikawa

De todas las herramientas básicas de la calidad, es la primera que no tiene una base netamente estadística, y es ampliamente utilizada para la identificación de causas de problemas de forma sistemática y organizada.

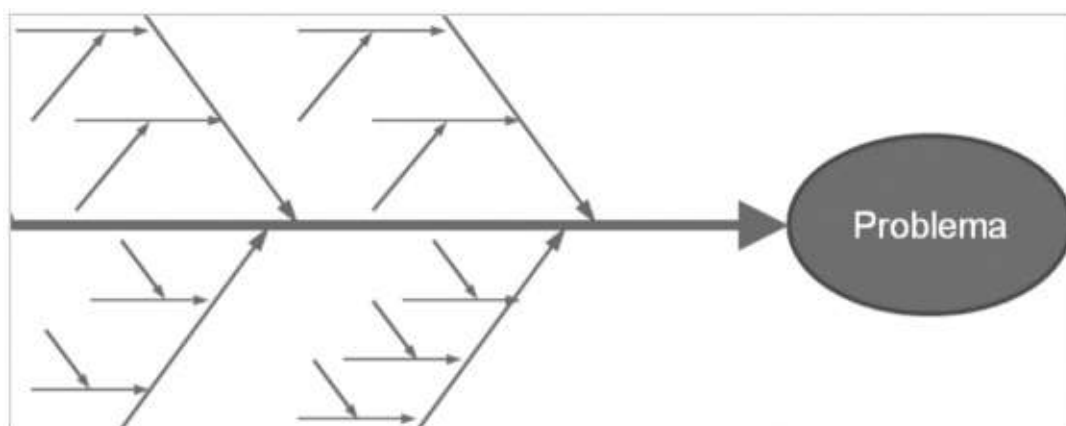
El punto de origen del diagrama causa-efecto es considerar que un problema o incidente puede estar originados por múltiples causas, pero que se pueden organizar en cinco o seis grandes grupos. Esto permite emprender un plan de acciones más eficaz para resolver el problema, al identificar varias posibles causas del problema en lugar de focalizar todos los recursos en una única causa.

A diferencia de las herramientas anteriores que pueden ser aplicadas por una única persona para el procesado de datos, el diagrama causa-efecto suele ser realizada por un grupo de trabajo.

3.2.4.1. Diseño del diagrama causa-efecto

En primer lugar, el grupo de trabajo debe establecer claramente cuál es el problema o incidente que se va a abordar. La definición debe ser lo suficientemente clara, concreta y específica como para que el equipo no tenga ninguna duda sobre lo que se pretende investigar.

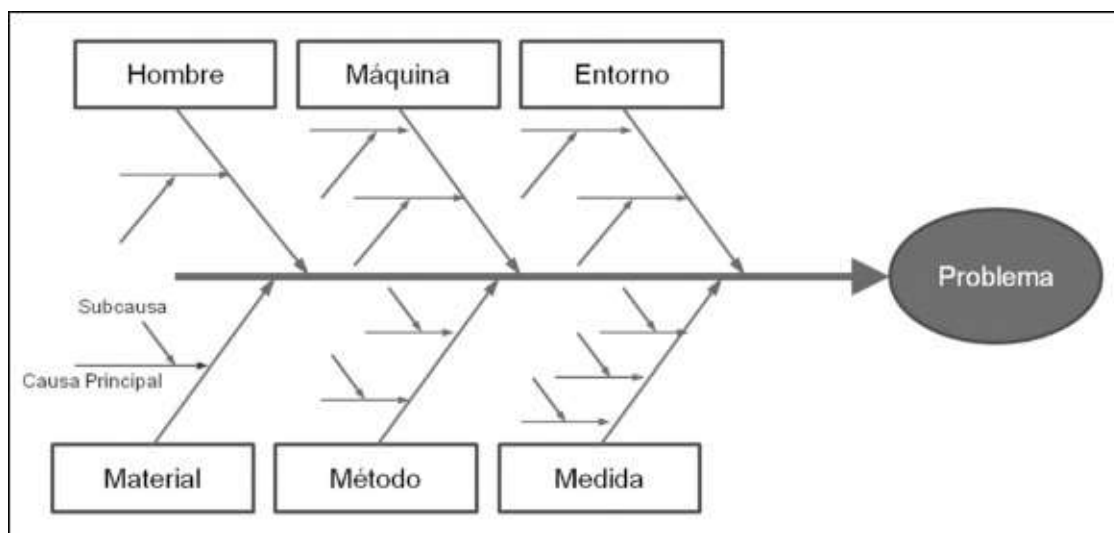
Una vez identificado el problema a analizar, este se coloca a la derecha del diagrama. Después se traza una línea vertical en forma de flecha que apunta directamente al problema y se dibujan las líneas que representarán las causas principales del mismo. Estas causas principales representan las categorías en las que se agruparán el resto de causas y a su vez estarán formadas por otras sub-causas o causas secundarias que se representan también por flechas como se muestra en la figura siguiente.



Fase I: Identificación del problema y dibujo de la estructura de ramas

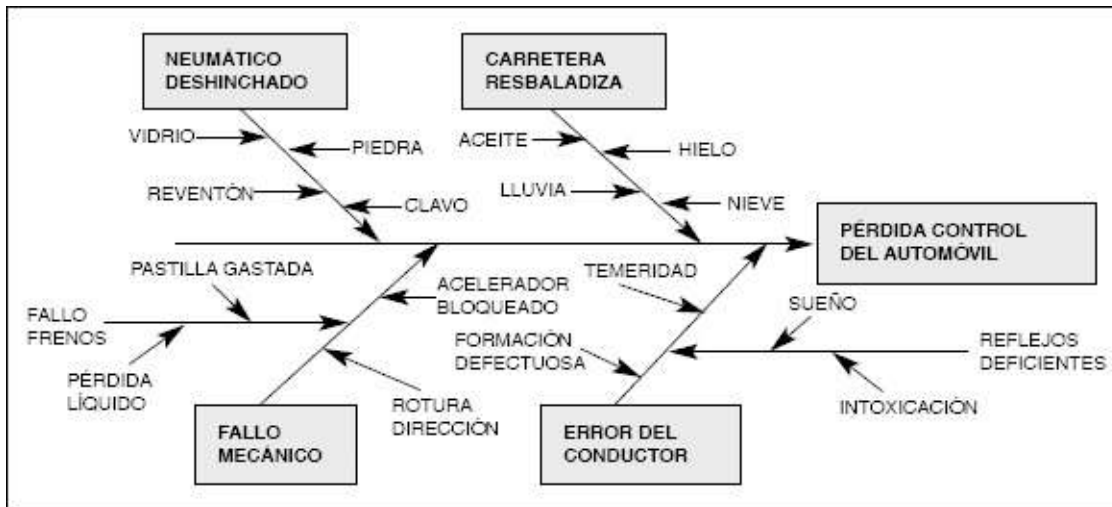
Las categorías que se utilizan habitualmente son las siguientes:

- **Personas:** causas relacionadas con las personas que están involucradas en el incidente. Desde la falta de formación y el exceso de carga de trabajo hasta la negligencia o el sabotaje tienen cabida en esta categoría.
- **Máquinas:** causas y sub-causas relacionadas con la maquinaria y equipos involucrados en el problema: máquinas inadecuadas para el proceso, mantenimiento insuficiente, tecnología obsoleta...
- **Materiales:** son causas relacionadas con las materias primas, consumibles, componentes, etc. Desde la mala calidad o inadecuación de las materias primas hasta una insuficiente inspección a la recepción, mal acondicionamiento y almacenamiento hasta el momento del uso, error en la manipulación...
- **Métodos:** en este apartado se incluyen aquellas causas o sub-causas que derivan de procedimientos de trabajo —o de su ausencia—.
- **Entorno:** el entorno puede afectar también negativamente a un proceso. Por ejemplo, un entorno poco ergonómico puede derivar en una mala postura del trabajador o unas condiciones inadecuadas (temperatura, humedad...) pueden afectar al producto final.
- **Medidas:** son causas relacionadas con una insuficiente inspección del producto o del proceso: equipos de medición inadecuados o que no están debidamente calibrados, error en la medición...



Fase II: Identificación de las categorías, causas principales y sub-causas

No obstante, el equipo de trabajo puede seleccionar las categorías que les parezcan más adecuadas, en función de la información de partida de que se disponga.

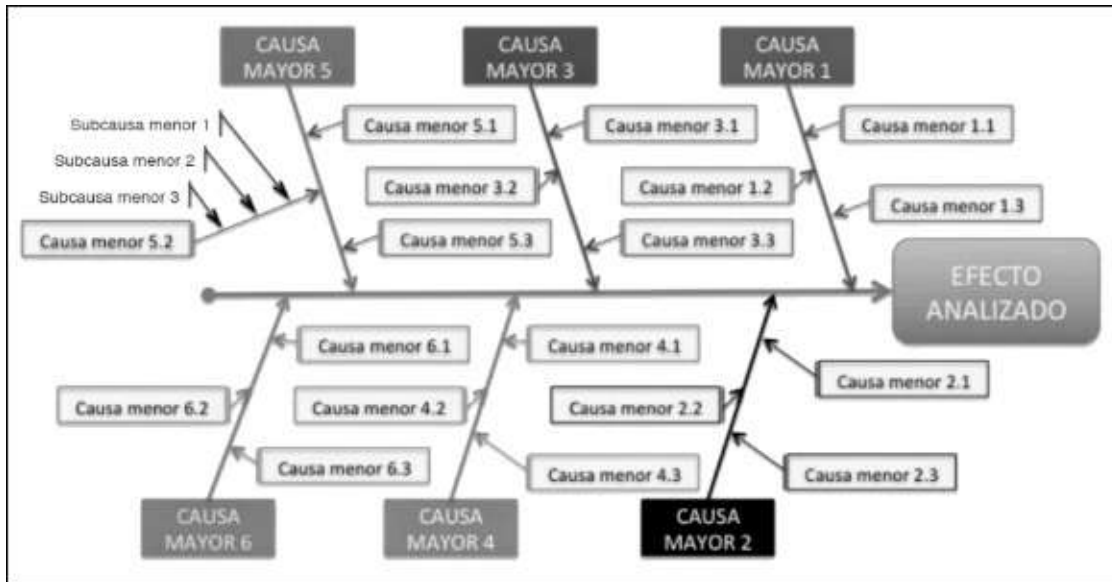


Ejemplo de diagrama causa-efecto

En el diagrama anterior, se analizan las posibles causas que pueden llevar a la pérdida del control del coche durante la conducción. Una de las categorías establecidas es la relacionada con el CONDUCTOR que incluye tres posibles causas principales: falta de reflejos, falta de formación o falta de prudencia (temeridad). A su vez, la falta de reflejos puede derivar de una situación de intoxicación (alcohol, drogas...) o de falta de sueño.

El diagrama puede extenderse tanto como se quiera, de manera que las ramas de segundo nivel pueden expandirse en ramas de tercer nivel y así sucesivamente.

No obstante, una excesiva ramificación puede complicar el posterior análisis del diagrama, por lo que generalmente, se suele limitar el "ramificado" hasta causas de segundo nivel.



Ejemplo de diagrama causa-efecto

Todas ellas responden a la pregunta ***¿Por qué motivo ocurre...?*** A la que el equipo de trabajo suele responder en un proceso similar al brainstorming o tormenta de ideas.

3.2.4.2. Interpretación de un diagrama causa-efecto

El diagrama causa-efecto ayuda a identificar las causas potenciales de un efecto y a ordenarlas gráficamente pero no identifica las causas reales o las más probables; eso es tarea del equipo de trabajo en un análisis posterior.

El diagrama facilita un conocimiento común a todo el equipo pero no sustituye en modo alguno a los datos reales procedentes de observaciones y mediciones. Puede orientar al equipo de trabajo sobre dónde pueden estar las causas del problema y proporcionar ideas de qué datos puede ser necesario medir para averiguarlo.

Los datos reales ayudan a consolidar o desestimar teorías o formulaciones a favor o en contra de las causas potenciales. Esos datos pueden venir proporcionados por mediciones anteriores o posteriores, que pueden tener forma de diagrama de barras o de gráfico de control.

3.2.5. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto consiste en una representación gráfica, similar al Histograma, de las posibles causas de un problema ordenadas según frecuencias (de mayor a menor), que permite identificar y priorizar las que tienen mayor probabilidad de haber ocurrido y descartar aquellas que tienen menos probabilidad de haber sido las causas reales.

El diagrama se basa en el **Principio de Pareto**, también conocido como regla 80:20 según la cual, en cualquier grupo de factores o posibles causas que contribuyen a un mismo efecto, solo una pequeña parte (alrededor del 20%), denominados “pocos y vitales” son los causantes de la mayor parte de dicho efecto frente al resto, denominados “pocos y triviales”.



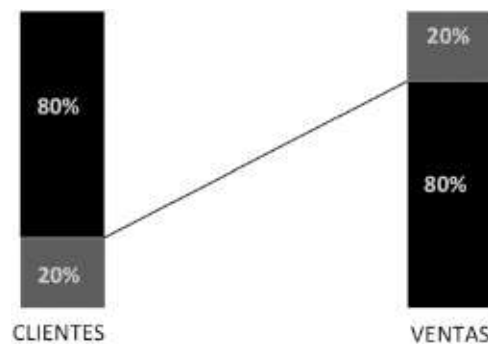
Principio de Pareto

A principios del siglo XX, el economista y sociólogo **Vilfredo Pareto**, llevó a cabo un profundo análisis sobre cómo estaba distribuida la riqueza entre la población, llegando a la conclusión de que el 80% de la misma estaba concentrada en apenas el 20% de la población. Conocedor de los trabajos de Pareto, el estadístico **Joseph Juran** hizo referencia a los mismos para establecer la idea de que la mayoría de las pérdidas de calidad en una organización están causadas por unas pocas e importantes causas. Elaboró diversas curvas acumulativas en las que se mostraba gráficamente este fenómeno y las tituló “*Principio de Pareto de la distribución desigual aplicado a la distribución de la riqueza y la distribución de las pérdidas de calidad*”.

Este título dio a entender que el principio de los “pocos vitales” había sido formulado originalmente por Pareto siendo en realidad formulada por Juran. Posteriormente, esta proporción 80:20 ha sido identificada en diversos campos, lo que ha ayudado a consolidar la teoría como una verdad prácticamente universal.

Por ejemplo, si se aplica este principio en el ámbito comercial, se

podría decir que un 20% de los clientes de una empresa son los responsables del 80% de las ventas. Esta idea es importante para la empresa a la hora de diseñar estrategias orientadas a aumentar las ventas mediante la mejora de la satisfacción de sus clientes.



Principio de Pareto aplicado al ámbito comercial

Si se aplica el Principio de Pareto en la identificación de las causas de un problema, identificar estos “pocos y vitales” y descartar los “pocos y triviales” supone un gran avance al permitir dedicar los recursos disponibles a eliminar las causas más probables, llegando a buenos resultados con el mínimo de los esfuerzos.

3.2.5.1. Diseño e interpretación del diagrama de Pareto

Para elaborar un diagrama de Pareto, se debe partir de datos e información reales sobre la frecuencia de ocurrencia de cada causa potencial. Estos datos pueden ser obtenidos a través de un *brainstorming*, de una encuesta de satisfacción de clientes, o de un registro interno de la propia organización.

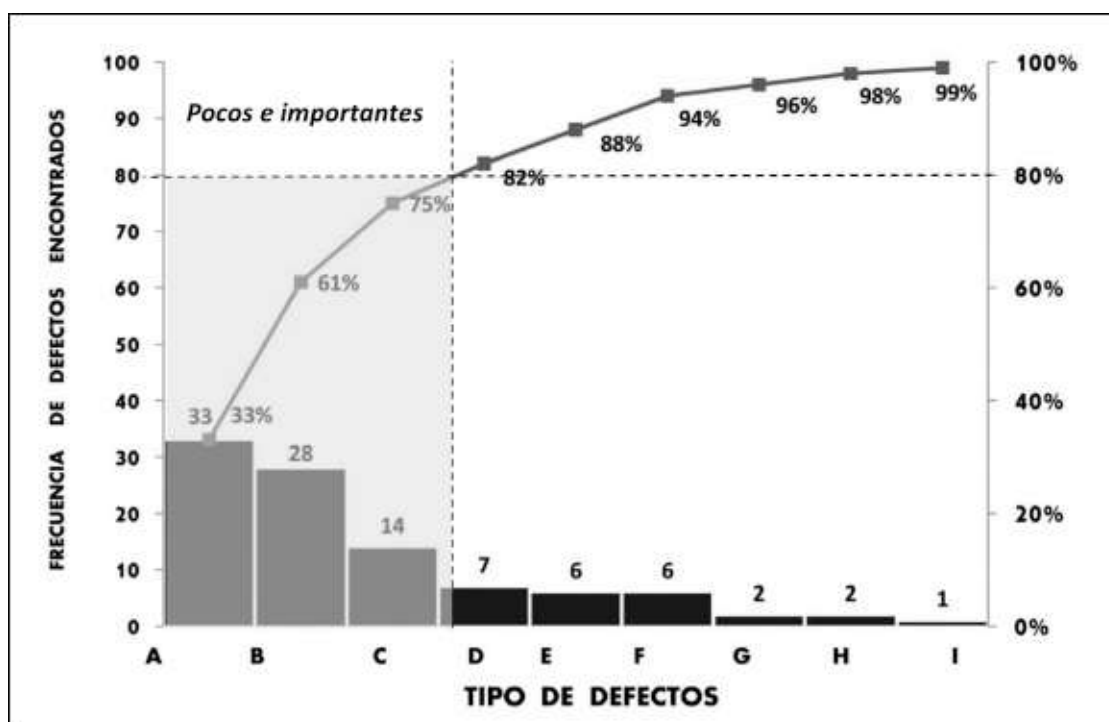
El diagrama muestra gráficamente en forma de barras los valores absolutos de cada causa, y en forma de líneas las frecuencias acumuladas (resultado de ir sumando una frecuencia con la inmediata anterior).

En el eje horizontal, se representan las diferentes causas (de mayor a menor frecuencia); en los ejes verticales se representan el valor absoluto de la frecuencia (habitualmente a la izquierda) y el valor acumulado (a la derecha). Este último debe tener un valor entre 0 y 100%.

Sobre cada barra, se suele incluir el valor absoluto de la frecuencia. En cada punto de la línea, el valor de la frecuencia acumulada.

Una vez hecha la representación de ambas frecuencias, se traza una línea horizontal correspondiente a la probabilidad del 80% y una línea vertical que cruza a la anterior justo donde la frecuencia acumulada alcanza dicho valor del 80%. El área comprendida entre ambas líneas serán los “pocos y triviales”.

En el diagrama siguiente, se representan tipos de defectos de un producto y la frecuencia con la que aparecen.



Ejemplo de diagrama de Pareto

El análisis del diagrama de Pareto es sencillo: el 80% de los productos defectuosos lo son por los defectos identificados bajo el área sombreada, en este caso, los tipos de defecto A, B y C. A pesar de la simplicidad de este análisis, la organización ya tiene una idea de qué procesos/actividades debe abordar para mejorar la calidad de su producto.

Este análisis tan sencillo solo es una aproximación inicial al problema

y debe complementarse con otros análisis complementarios, como por ejemplo el **coste** que supone la eliminación de cada tipo de defecto, la **viabilidad** de llevarlo a cabo con los recursos de la organización, el **tiempo** necesario o el **impacto** de cada tipo de defecto en la calidad del producto. La razón es simple: es posible que el coste de eliminar el defecto C sea superior a los beneficios que aportaría hacerlo (si por ejemplo se debe realizar una inversión millonaria en sustituir una máquina obsoleta) y sea más rentable para la organización abordar otros tipos de defectos.

En otro **ejemplo similar**, una empresa de confección quiere emprender un plan de mejora de la calidad de sus prendas de piel, y ha empezado registrando las causas que están originando las devoluciones de los productos. Los datos obtenidos se disponen en forma de tabla, ordenados de mayor a menor.

Después, se deberá calcular el porcentaje de cada causa, tanto absoluto como acumulado, obteniendo una tabla como la que se muestra a continuación.

CAUSAS			
Descripción	Cantidad	%	% Ac
Defectos de forrería	265	60,09	60,09
Diferencia de tonos	89	20,18	80,27
Defectos a causa del transporte	45	10,20	90,48
Defectos en la piel	23	5,21	95,69
Defectos en el patronaje	8	1,81	97,51
Otros	4	0,90	98,41
Defectos de medida	3	0,68	99,09
Rotura de la piel	2	0,45	99,55
Defectos de planchado	2	0,45	100
Rotura de las costuras	0	0	100
TOTAL	441		

Datos de partida para elaborar un diagrama de Pareto

Con los datos anteriores, se elabora el diagrama de Pareto que se muestra a continuación.

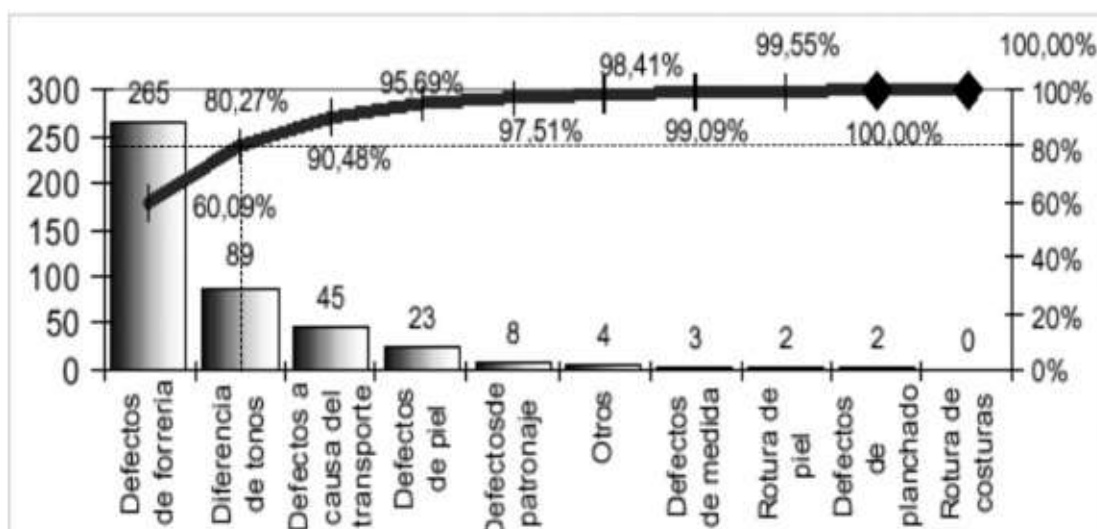
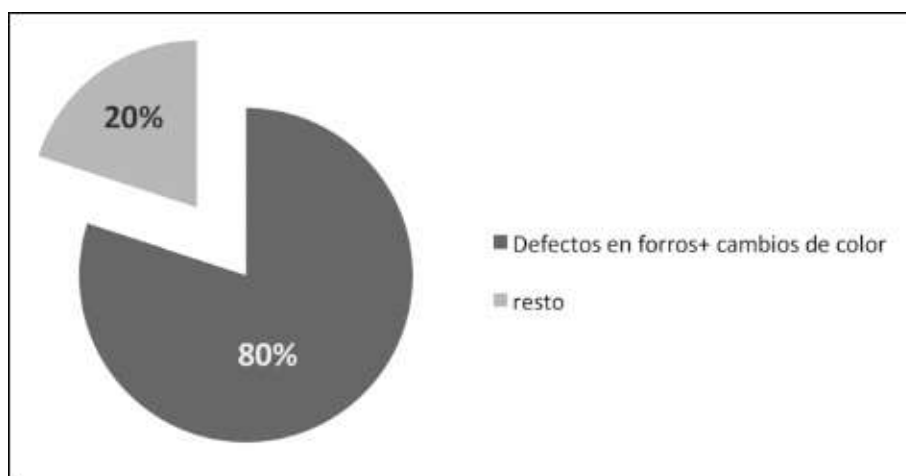


Diagrama de Pareto correspondiente a los datos del ejemplo

La interpretación del diagrama es muy sencillo: el 80,27% de las devoluciones están producidas por defectos de forrería y por diferencia de tonos en el color de las diferentes piezas de piel que componen la prenda. La empresa debería centrar sus esfuerzos en solucionar estos dos problemas que ocasionan más del 80% de las devoluciones.

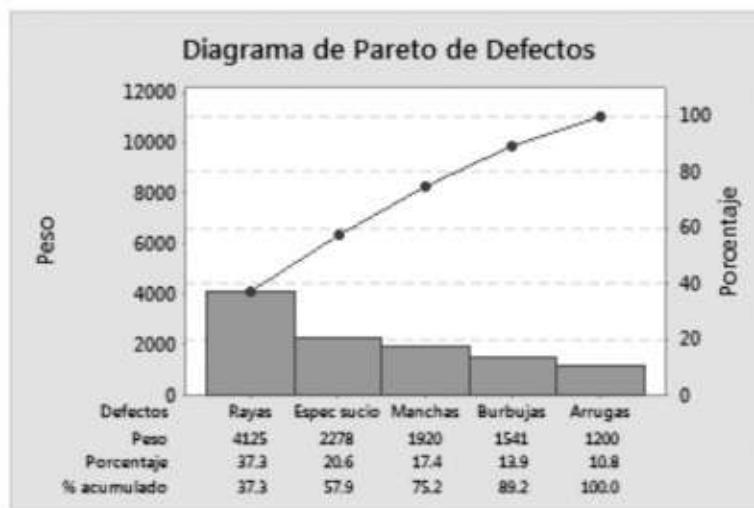
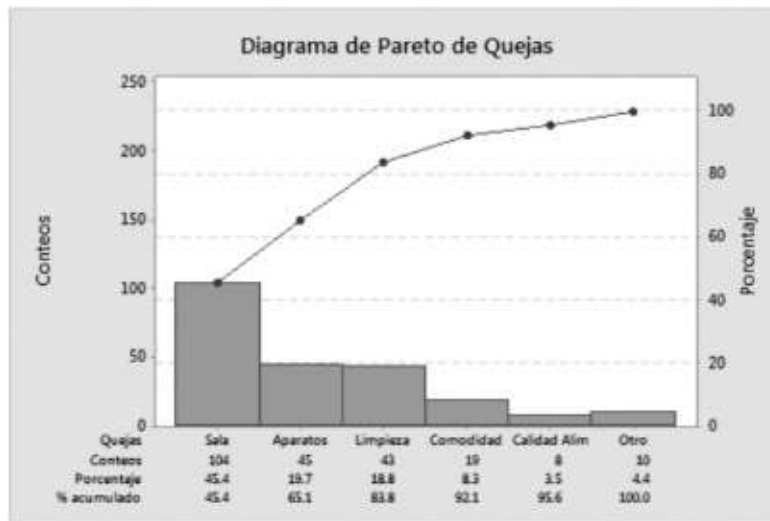


Resultados del análisis de causas

Como en el caso anterior, este análisis es ciertamente muy sencillo, y se debería complementar con otros, como por ejemplo, el **coste** que

tendrá solucionar cada una de las causas de los defectos que se han identificado o el **tiempo** necesario para llevarlo a cabo, o el impacto en la **satisfacción** final de los clientes.

Otros ejemplos de diagramas de Pareto se muestran a continuación.



Ejemplos de diagrama de Pareto

Aunque se pueden hacer “a mano”, para la elaboración de este tipo de diagramas, es muy útil contar con un software específico o simplemente, con el apoyo de una Hoja de Cálculo que automatice la representación del diagrama a partir de los datos de partida.

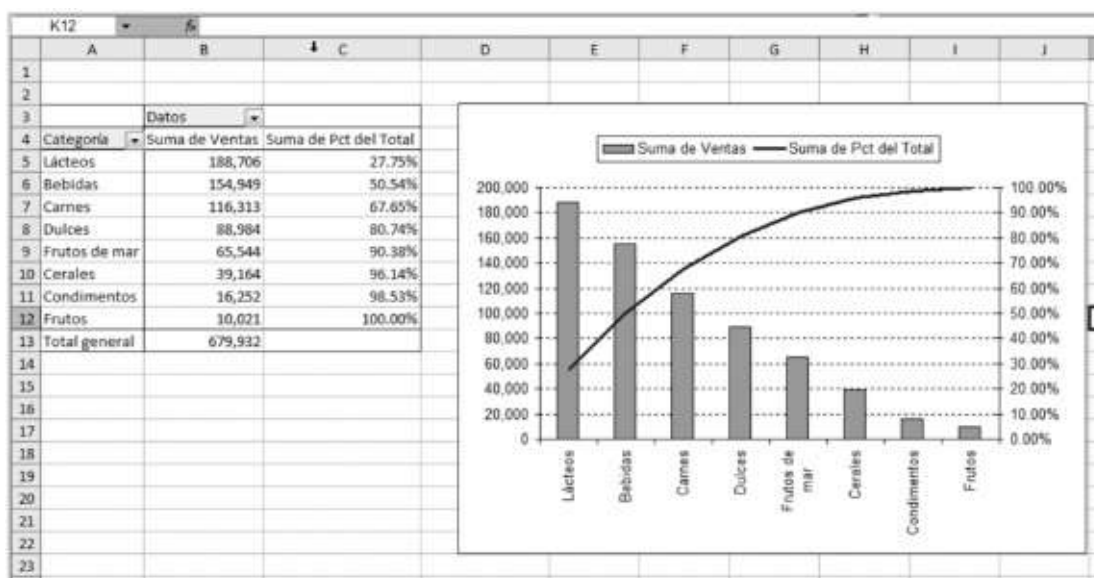


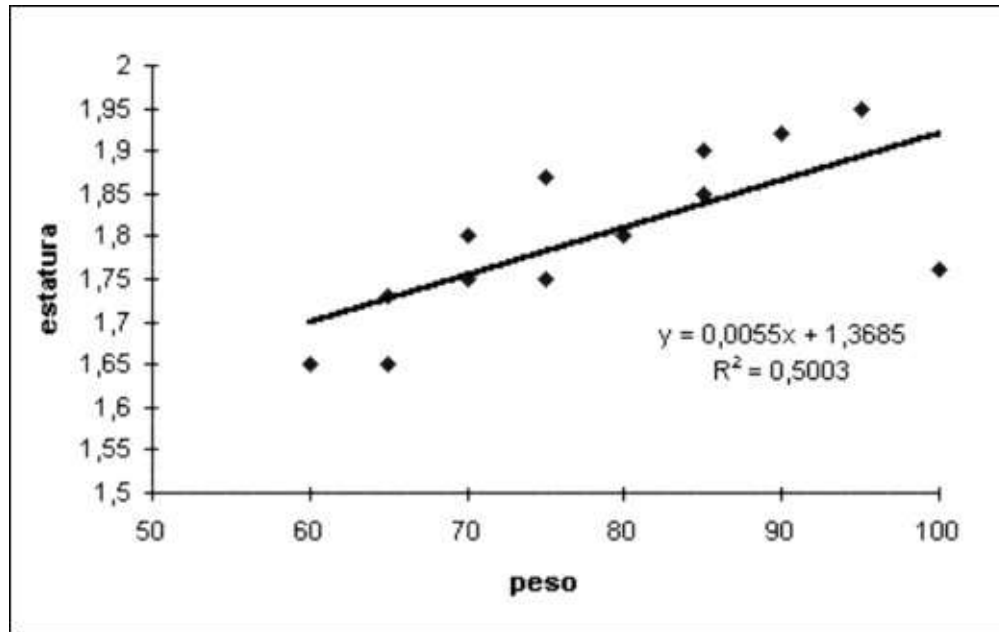
Diagrama de Pareto construido en hoja de cálculo

3.2.6. Diagrama de Dispersión

3.2.6.1. Correlación entre variables

Es muy frecuente que en el análisis de un determinado proceso, dos o más variables estén relacionadas de manera que el aumento de valor de una de ellas conlleve un aumento proporcional —o un descenso— de las otras.

Un ejemplo de dos variables que están íntimamente relacionadas son el peso y la altura de un individuo. La representación gráfica de la relación entre las variables se denomina **diagrama de dispersión** y la línea que se ajusta a ellos de forma óptima, se denomina **recta de regresión**.



Ejemplo de diagrama de dispersión

La relación entre las variables se denomina **correlación**. Cuando ambas variables aumentan de forma proporcional y coordinada, se dice que hay una correlación positiva. En caso contrario —una de ellas aumenta y la otra disminuye—, se dice que la correlación es negativa. Si finalmente no se identifica ninguna relación entre las variables, se dice que no existe ninguna correlación.

Siguiendo el ejemplo anterior, se puede decir que entre las variables peso-altura existe una correlación positiva.

El grado de dependencia entre las variables varía, puede ser muy elevado o de menor importancia. El grado de dependencia entre las variables se mide por el **coeficiente de correlación de Pearson ρ** .

Si consideramos X e Y dos variables, el coeficiente de correlación se calcularía de la forma siguiente:

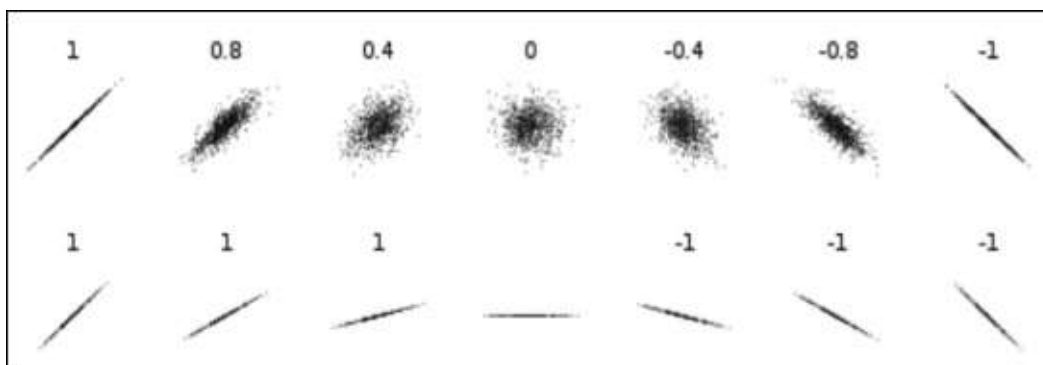
$$\rho_{X,Y} = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} = \frac{E[(X - \mu_x)(Y - \mu_y)]}{\sigma_x \sigma_y},$$

siendo:

- σ_{xy} es la covarianza de (X, Y)
- σ_x es la desviación típica de la variable X
- σ_y es la desviación típica de la variable Y

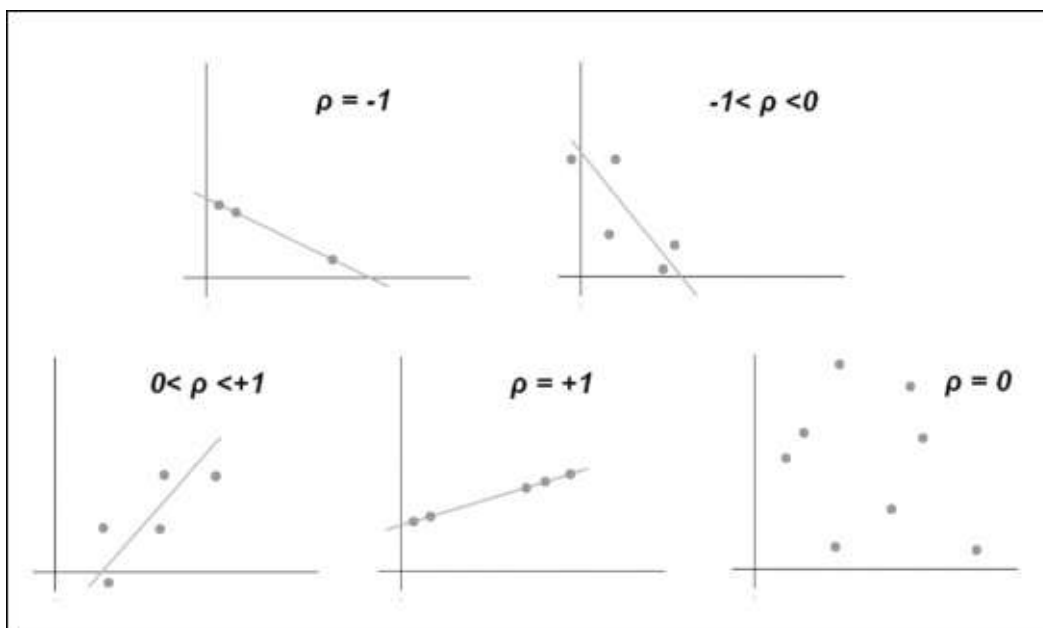
Si ρ tiene un valor cercano a 1, la interdependencia de las variables es alta; si por el contrario tiende a cero (0), las variables resultan casi independientes entre sí. Si el valor es positivo, la correlación también lo es, y viceversa.

En función del valor de ρ , las variables tienden a agruparse de formas muy definidas como se muestra a continuación:



Agrupación de datos en función de ρ

- Cuando **ρ es igual a 1**, se dice que la relación es directa, existiendo una **correlación positiva perfecta**. Cuando una de las variables aumenta, la otra lo hace también y en una proporción siempre constante ($X/Y=k$). Por ejemplo, las variables “perímetro” y “radio” de una circunferencia son variables con una relación directa, siendo la proporción igual a 2π .
- Cuando **ρ es igual a -1**, la relación también es directa pero la **correlación es negativa perfecta**. El índice muestra una dependencia total entre las variables pero a la inversa: cuando una crece, la otra disminuye en la misma proporción.
- Cuando **ρ es igual a 0**, **no existe ninguna relación** entre las variables.



Ejemplos de diagrama de dispersión en función del valor del coeficiente de Pearson

3.2.6.2. Diseño del diagrama de dispersión

El diseño del diagrama se hace mediante coordenadas cartesianas y es muy sencillo. En el eje de coordenadas se representa el rango de valores que alcanza la variable X y el de abscisas, el rango de valores que alcanza la variable Y para el mismo evento, proceso o individuo. Cada par de valores, es un punto en el diagrama. El resultado es una nube de puntos como los mostrados en las figuras anteriores.

Veamos por ejemplo el caso de un profesor que está analizando las puntuaciones en dos asignaturas diferentes a un mismo grupo de alumnos.

Alumno	Matemáticas	Física
1	9	10
2	8	6,5
3	5	5,5
4	0	1,5
5	7	2
6	5	7

7	5,5	4
8	9	6,5
9	1	5,5
10	10	10
11	2	2,5
12	0	0
13	8	3,5
14	6	7
15	9	6,5
16	7,5	5,5
17	3	6
18	5	5,5
19	6,5	7
20	3	5,5

Valores de las variables “matemáticas” y “física” para cada alumno

El diagrama de dispersión que se corresponde a estos valores es el siguiente:

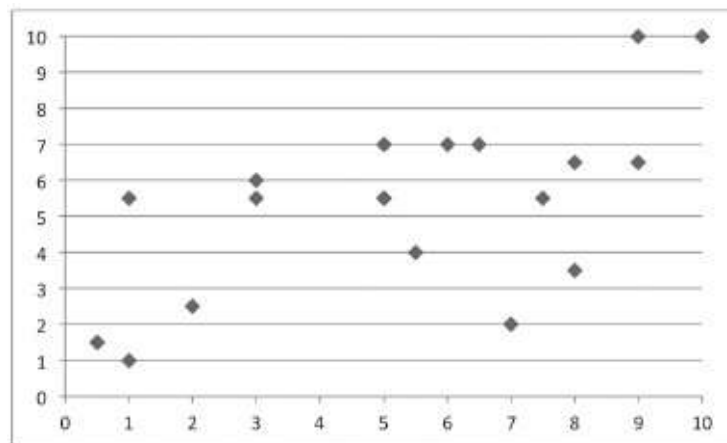


Diagrama de dispersión

A la vista del diagrama, se observa que sí parece existir una cierta correlación directa —aunque no demasiado intensa— entre ambas variables. Si se calcula el coeficiente de correlación de Pearson, el resultado es $\rho = 0,65$ lo que avalaría esta percepción. Si se muestra en

el diagrama incluyendo la recta de regresión, esta es la forma que tendría:

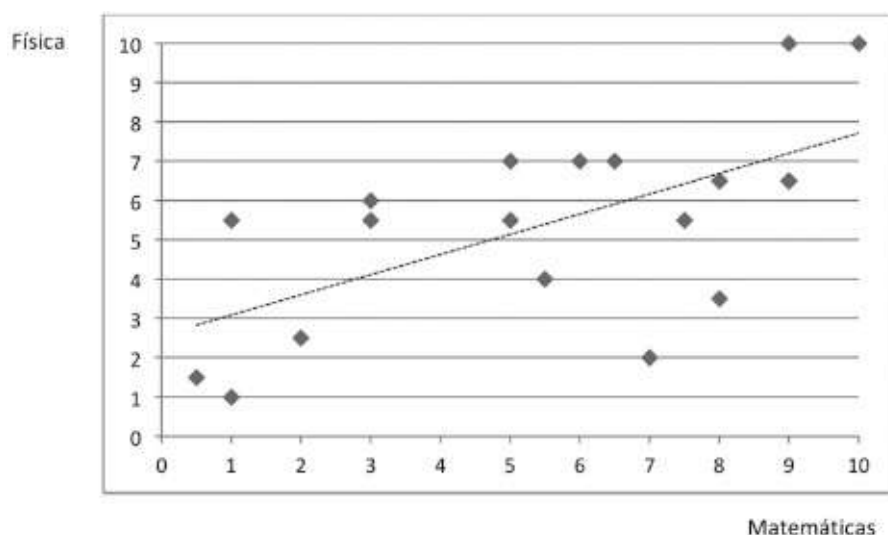


Diagrama de dispersión

En función de la agrupación de los datos, la recta de regresión más adecuada puede tener forma lineal (como la mostrada en el diagrama interior) o adquirir otras formas: logarítmica, polinómica... en el diagrama a continuación, se ha cambiado el tipo de recta lineal por una logarítmica.

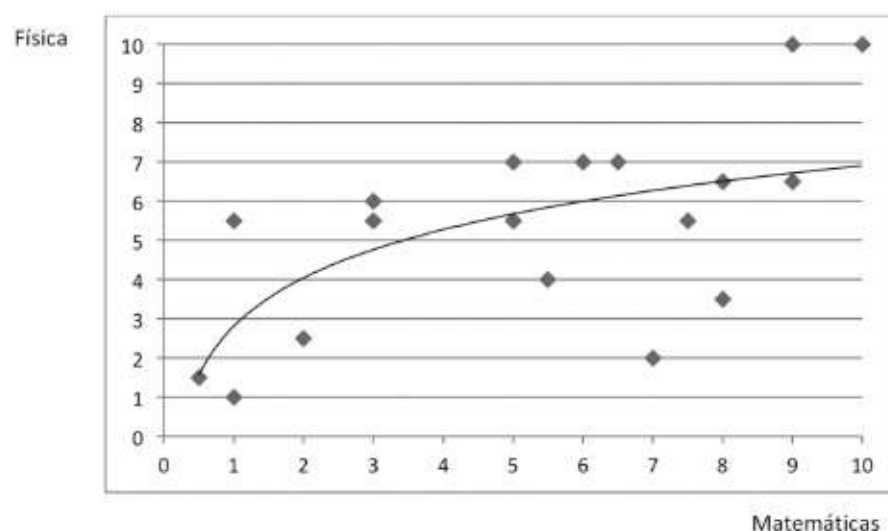


Diagrama de dispersión

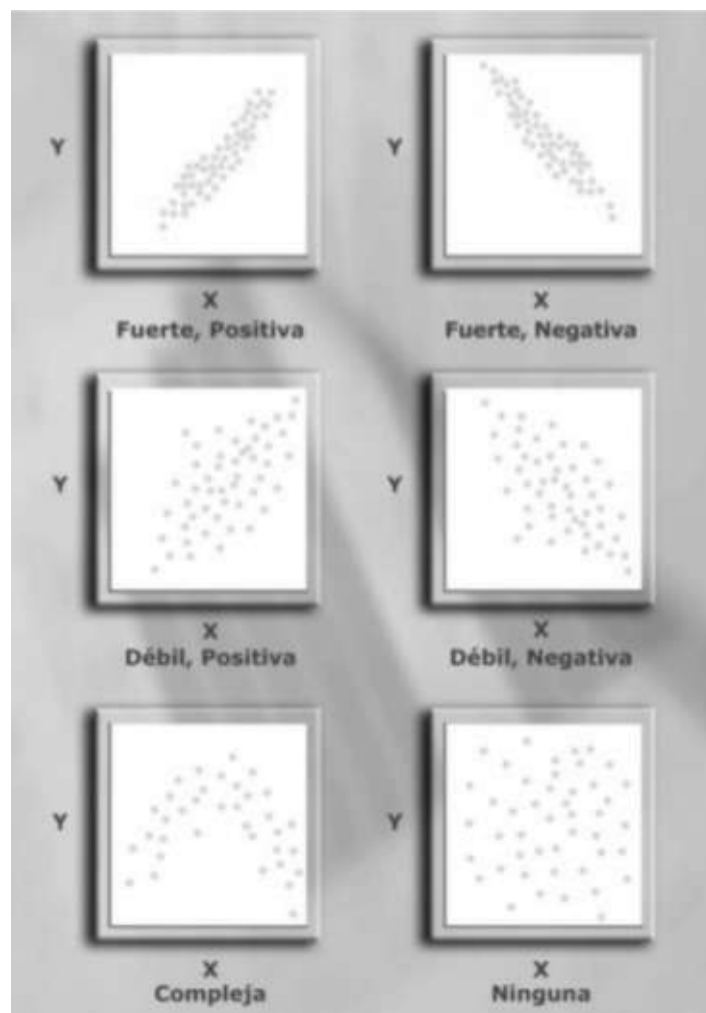
3.2.6.3. Interpretación del diagrama de dispersión

Como se ha comentado anteriormente, este tipo de diagramas permite identificar las relaciones existentes entre dos variables.

Analizando la situación de los puntos (resultado de colocar las variables en el diagrama) se pueden detectar tendencias y patrones, así como la intensidad de la relación entre las variables.

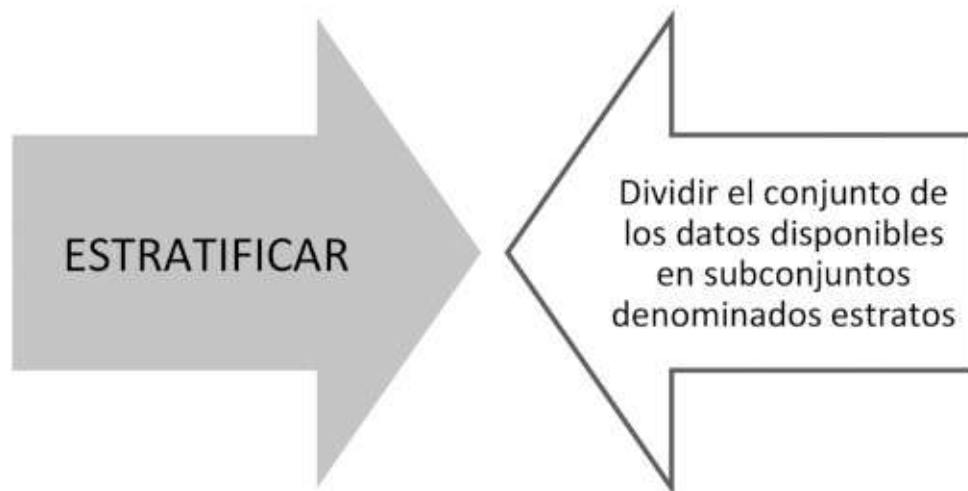
Si la mayoría de los puntos tienden a alinearse sobre una línea recta, la relación entre las variables es fuerte; si caen todos sobre la línea, la asociación entre las variables es directa.

Por el contrario, si los puntos no muestran una tendencia a agruparse, entonces la relación entre las variables será muy baja o nula.



3.2.7. Estratificación

Hemos dejado para el final la estratificación, que más que una herramienta es un método de clasificación de datos por grupos de características similares.



Las características o *estratos*, dependen de la situación que se está analizando.

Por ejemplo, si se está analizando un problema asociado a un proceso de producción, los estratos pueden ser las máquinas, los turnos de trabajo, las materias primas, las líneas de trabajo... Son las categorías en las que después se enmarcarán los datos.

El análisis por estratificación suele utilizarse conjuntamente con el resto de herramientas ya vistas en este capítulo, como el histograma, el diagrama de dispersión o los gráficos de control.

3.2.7.1. Planificación de la estratificación

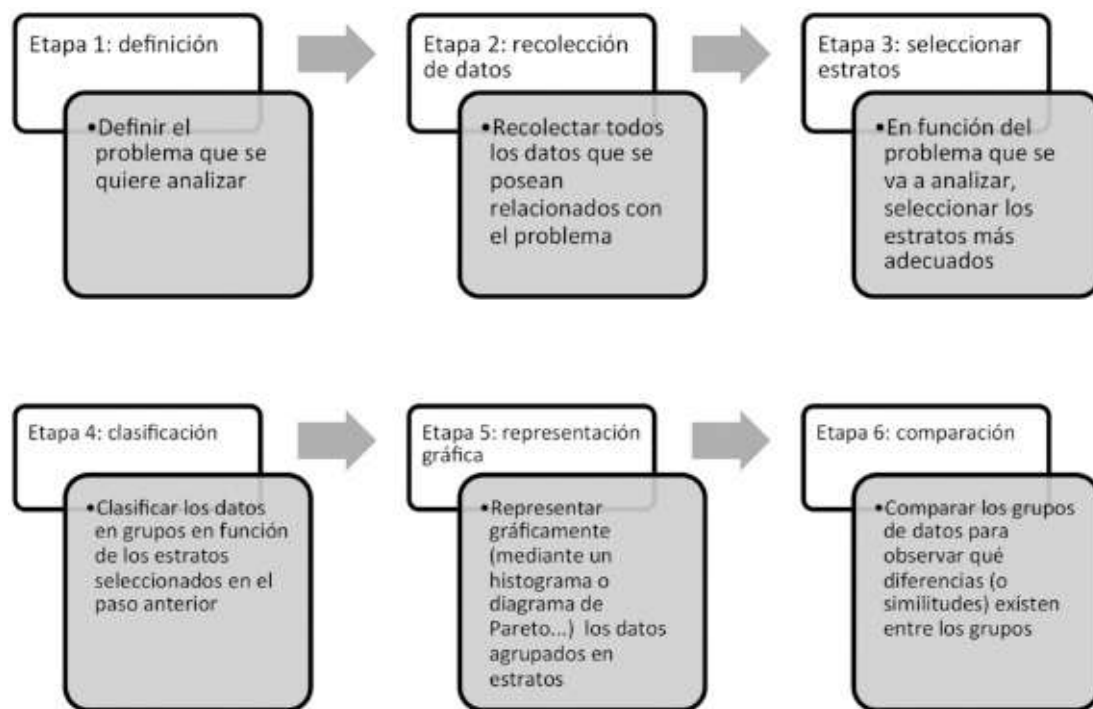
A la hora de plantearse hacer una estratificación de datos, deberían tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Cuanto mayor sea la estratificación —es decir, cuanto mayor sea el
- ***** DEMO - www.ebook-converter.com*****

número de estratos—, mayor comprensión del problema se puede alcanzar, pero un número excesivo de estratos puede también entorpecerla.

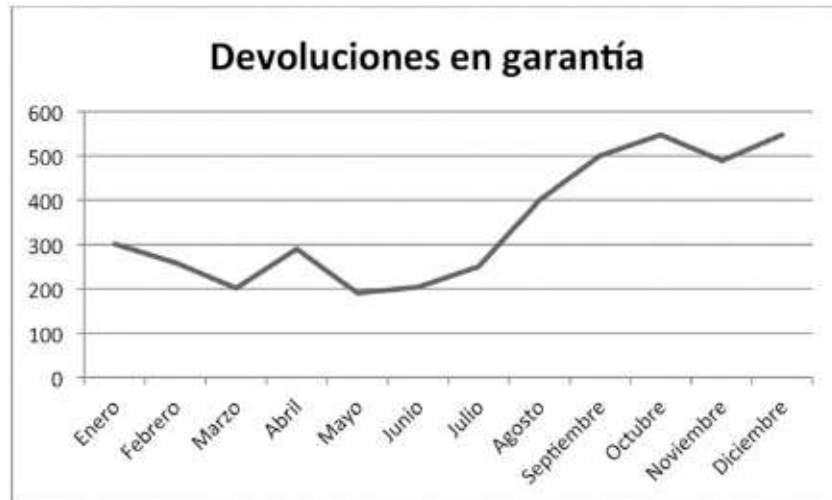
- Los estratos elegidos deben ser útiles para la comprensión del problema. Un buen método para definirlos puede ser preguntarse “¿Cómo afecta el parámetro _____ sobre el problema que estamos valorando?” La palabra que falta en la frase anterior es un potencial estrato a tener en cuenta. Si la respuesta a la pregunta es “bastante”, “mucho”... entonces el estrato elegido es adecuado para el análisis.

La forma de llevar a cabo la estratificación se describe en la figura siguiente.



Proceso de estratificación

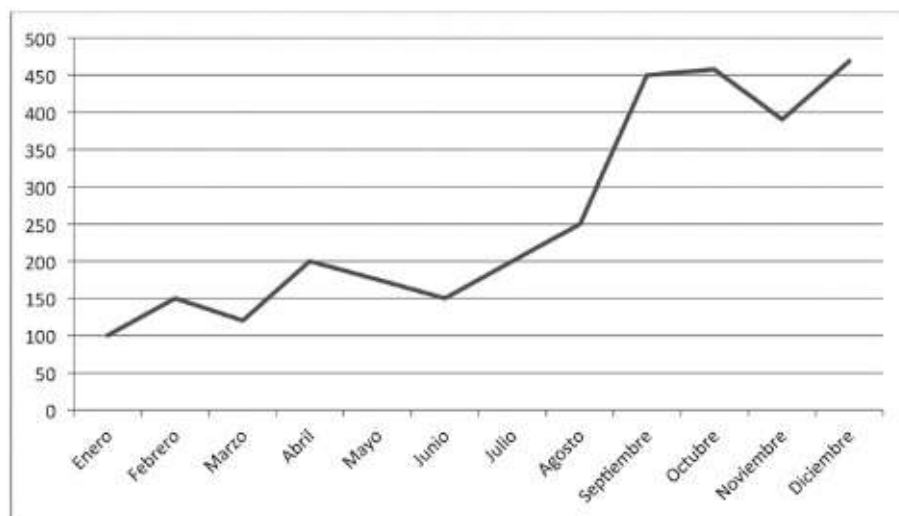
Por ejemplo, en una empresa internacional fabricante de electrodomésticos se ha identificado un aumento significativo del número de reclamaciones en garantía, que han pasado de estar entre 200 y 300 mensuales, a sobrepasar las 400 a partir del mes de agosto.



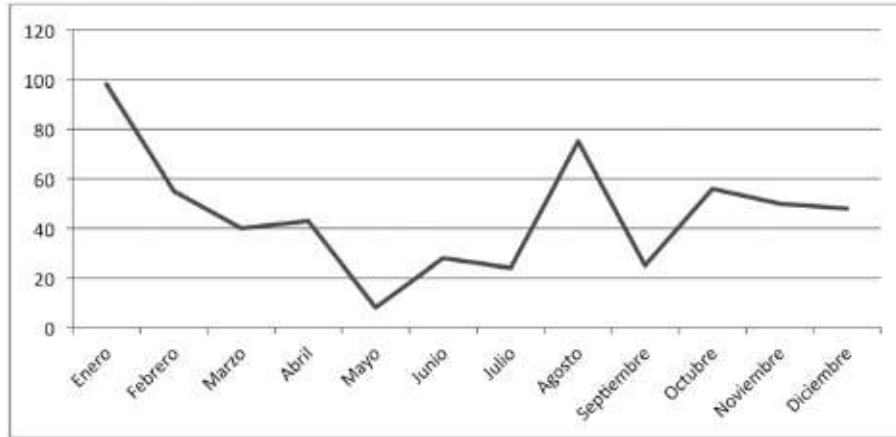
Datos globales

Los datos corresponden a un seguimiento global de las tres plantas de producción que la empresa tiene repartidas por todo el mundo.

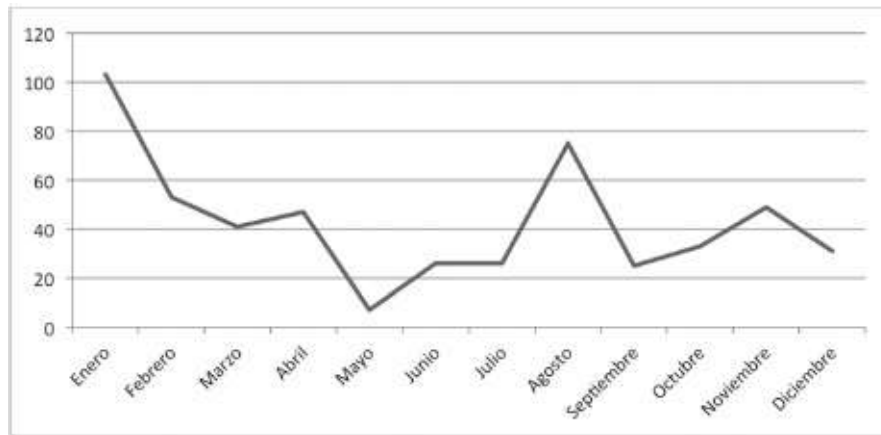
Para profundizar más en el análisis, la empresa decide realizar una primera estratificación separando los datos correspondientes a las devoluciones en garantía de **cada planta**. El resultado es el siguiente:



Datos Planta 1



Datos Planta 2



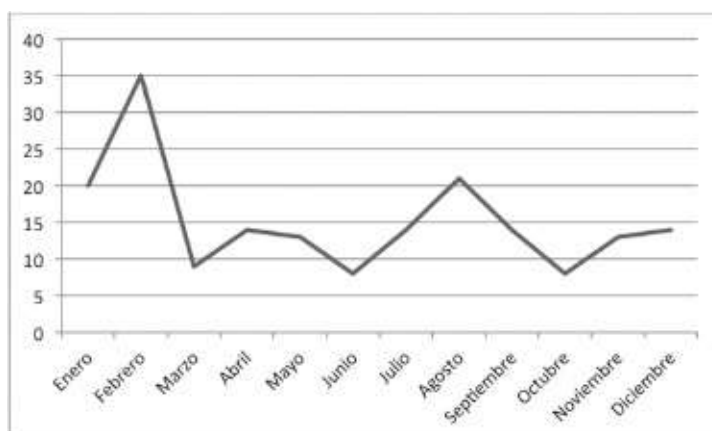
Datos Planta 3

Tras la estratificación se puede apreciar como más del 50% de las devoluciones en garantía están originadas en la Planta 1, mientras que el 50% restante se dividen entre la planta 2 y 3. Además, la distribución en las plantas 2 y 3 es muy similar.

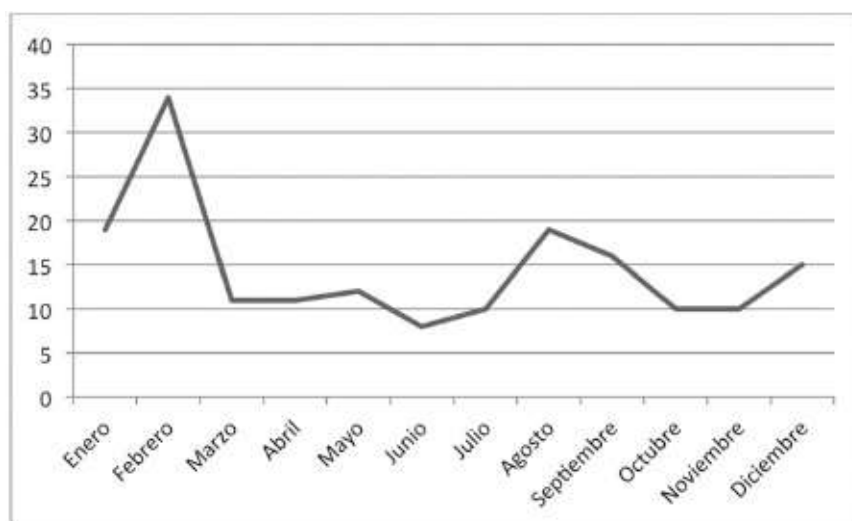
En la planta 1 el número de devoluciones en garantía no baja de 100 unidades/mes, mientras que en las otras dos plantas, siempre está por debajo de ese valor.

Luego el problema está claramente en la Planta 1. Para continuar profundizando en el análisis, la empresa decide hacer una nueva estratificación sobre los resultados de la Planta 1. Dado que la planta trabaja a tres turnos, decide realizar una separación entre los productos devueltos en garantía **según el turno** en que fueron fabricados.

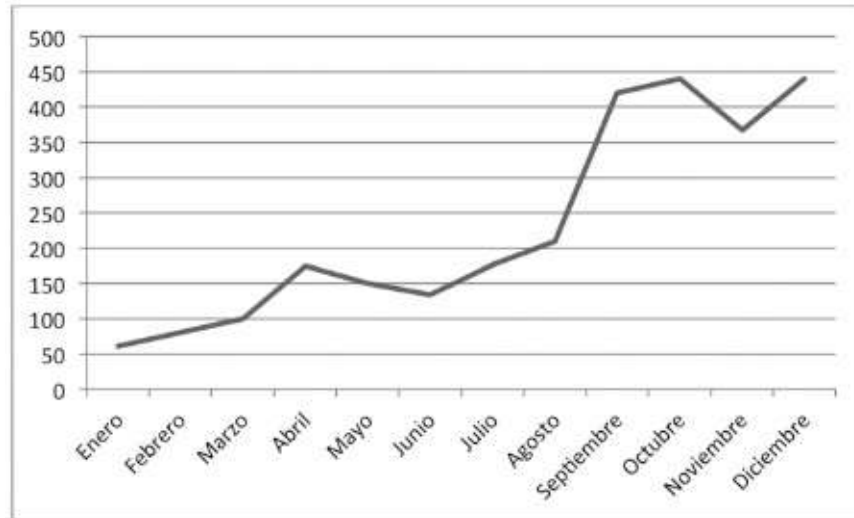
El resultado es el siguiente:



Turno mañana



Turno tarde



Turno noche

Los resultados tras esta segunda estratificación son muy reveladores: mientras que en los turnos de mañana y tarde, la distribución de los datos es muy similar y el número de devoluciones en garantía originadas en estos turnos oscila entre 10 y 30 unidades por mes, en el turno de noche, la distribución es totalmente diferente, y el número de devoluciones es creciente y llega a superar las 400 unidades/mes.

Es evidente que el aumento de devoluciones en garantía está originado en el Turno de Noche de la Planta 1.

A partir de aquí, la empresa debería seguir investigando, por ejemplo, si ha habido cambios recientes en el personal del turno de noche de esta planta, como posible fuente del problema.

*Según el profesor **Noriaki Kano**, estas piezas son **Gusoku** (armadura); **Kabuto** (casco); **Horo** (capucha); **Katana** (espada); **Tacki** (espada larga); **Ya** (flecha); **Yumi** (arco).

CAPÍTULO 4.

DIAGRAMA DE AFINIDAD

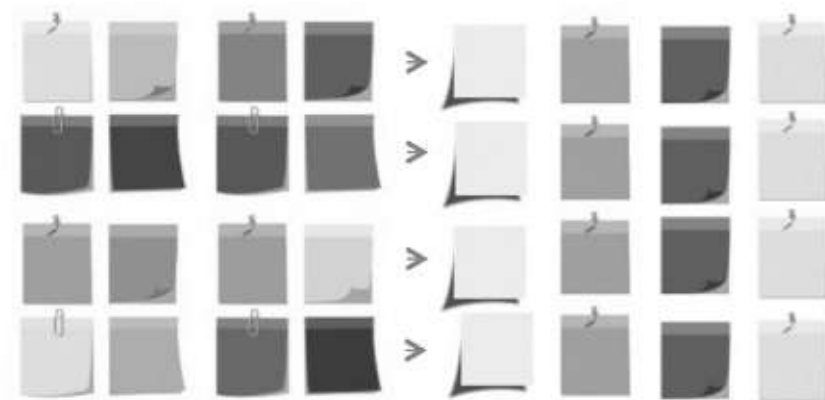
4.1. INTRODUCCIÓN

El primer paso para resolver un problema es identificar todas aquellas situaciones que lo generan o que intervienen en su aparición.

El **diagrama de afinidad** es una herramienta relativamente sencilla que se emplea cuando el equipo de trabajo dispone —o está en situación de disponer— de información, ideas o datos sobre el problema de forma inconexa y necesita reorganizarlos de forma coherente y útil para el análisis.

Suele seguir a un proceso de **Brainstorming** (o Tormenta de Ideas) que es una gran fuente de ideas pero muy poco o nada estructuradas. Si no es así, en el propio proceso se incluye una etapa de generación de ideas (ver apartado 1.5 LA SISTEMÁTICA DE APLICACIÓN)

Esta herramienta no proporcionará una solución al problema, pero sí ayudará a identificar las causas del mismo, a través del análisis de la afinidad verbal.



Organización de ideas

Esta herramienta fue desarrollada por **Kawakita Jiro** en 1980.



Jiro Kawakita

“La KJ es capaz de comparar niveles de productividad en todo el mundo, no solo en Japón”

El Dr. **Jiro Kawakita** fue un reconocido **antropólogo japonés** que destacó por sus avances y logro en etnogeografía, gracias a su trabajo de campo en la población de montañeses del Himalaya — Nepal— y sus descubrimientos sobre la cultura, forma de vida y ecología. Curiosamente, es también reconocido internacionalmente por el desarrollo de la metodología del diagrama de afinidad, utilizado ampliamente en el ámbito de la gestión de la calidad y mejora continua.

A partir de esta herramienta, en mayo de 2009 **Shunpei Kobayashi** desarrolló otra metodología más compleja en la corporación Sony denominada técnica TKJ, (**Team Kawakita Jiro**). La metodología TKJ incluye no solo la fase de recogida y análisis inicial de ideas, sino también la identificación de propuestas para la solución y la definición de compromisos concretos de acción.

4.2. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE APLICAR LA HERRAMIENTA

Aplicar el diagrama de afinidad en el proceso de resolución de problemas no tiene mayores inconvenientes más allá de sus limitaciones. A continuación se muestra un breve resumen de las ventajas e inconvenientes que puede suponer.

Es una herramienta muy sencilla de aplicar. Fomenta la cooperación y el trabajo en equipo. Mejora la comunicación entre diferentes niveles de la organización. Ayuda a fomentar la cultura organizacional.	El método por sí mismo no permite alcanzar soluciones, únicamente determinar posibles causas. Si el equipo de trabajo no está bien formado, puede no alcanzarse una solución satisfactoria. El resultado es tan bueno como la calidad de las ideas propuestas por el equipo.
--	---

Ventajas e inconvenientes de aplicar el diagrama de afinidad

4.3. EL EQUIPO DE TRABAJO

El diagrama de afinidad es una técnica de grupo. El equipo de trabajo debe estar formado por personas que estén involucrados y conozcan con profundidad el problema o situación que se va a tratar y tengan verdadero interés por resolverlo.

No es necesario que posean formación técnica o estadística específica aunque sí deben ser personas creativas, participativas, capaces de trabajar en equipo por un objetivo común y con capacidad de análisis.



Miembros de un equipo haciendo un diagrama de afinidad

El proceso se enriquece si los miembros del equipo ocupan puestos con diferentes responsabilidades dentro de la organización dirección,

mandos intermedios, operarios...), ya que aportarán diferentes enfoques y puntos de vista al proceso.

Existen organizaciones que, además de personal de la propia entidad, invitan a estas reuniones a **personas externas** de la misma, como representantes de los **clientes** y los **usuarios, distribuidores y red comercial, proveedores** e incluso, los propios accionistas.

El motivo no es otro que tener en cuenta que estas personas o empresas pueden estar directamente involucradas en la situación o problema evaluado, bien porque son capaces de afectar o influir en el problema, bien porque son partes afectadas por las soluciones al mismo.

Este enfoque (denominado también de los **stakeholders**) parte de la hipótesis de que las empresas mejoran en su funcionamiento en la medida en que TODOS sus actores son tenidos en cuenta y están comprometidos con las actividades de la organización. Este enfoque ha sido probado con éxito en muchas empresas en todo el mundo.

Es conveniente que una de las personas del equipo de trabajo asuma el rol de **coordinador** o **facilitador** que se encargue de conducir al grupo en el proceso.

Esta persona deberá conocer lo suficiente al resto de miembros del equipo como para poder no solo coordinar la reunión sino actuar como **facilitador** —o *animador*, según se vea— para que el equipo sea capaz de alcanzar resultados (y consensos) fácil, rápida y eficazmente. El facilitador debe conseguir que los integrantes del equipo participen activamente y se expresen con total libertad.



Un buen facilitador asegura el éxito del proceso

El **número de integrantes** del equipo de trabajo también es importante: no debería ser inferior a cinco ni superior a nueve personas. Por debajo de cinco, no será fácil reunir un buen número de ideas, y por encima de nueve, la gestión de la reunión comienza a complicarse y es difícil mantener la concentración necesaria para que funcione.

También es recomendable que el número total sea impar —para evitar “bandos” que “empaten” en la toma de decisiones—. Es decir, el número óptimo de integrantes del equipo de trabajo será **cinco, siete o nueve**.

4.4. LOS RECURSOS

El proceso se desarrolla mediante una reunión en un **espacio físico tranquilo**, en el que las interrupciones se puedan reducir al mínimo. Puede ser una sala o despacho dentro de la propia organización, o, si es necesario, fuera de ella.

Son necesarias **tarjetas en blanco** en las que se deben escribir las ideas y un **tablero** —a ser posible, vertical— en el que puedan ser fijadas.

Es muy habitual el uso de tarjetas tipo “**post-it**”, por su comodidad y relativa abundancia en las oficinas de la mayor parte de empresas, y porque pueden pegarse y despegarse con facilidad.

También es práctico utilizar un tablero en blanco en el que se pueda escribir y borrar en seco con facilidad.

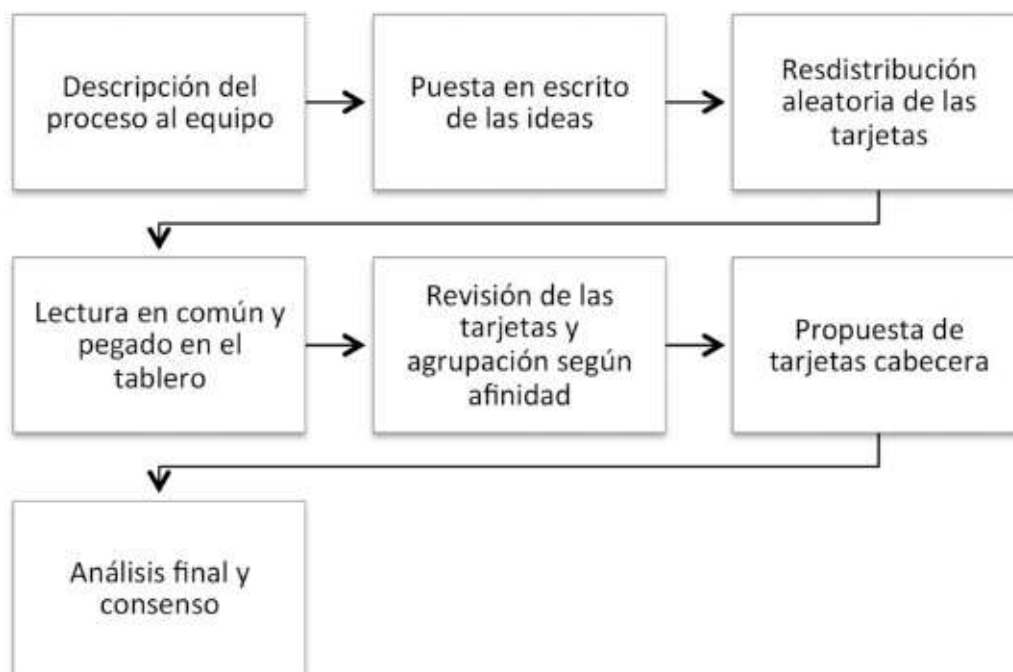


Ejemplo de tablero con tarjetas tipo "post-it"

4.5. LA SISTEMÁTICA DE APLICACIÓN

La sistemática que se describe a continuación es la que correspondería al caso más habitual, cuando el equipo de trabajo comienza por identificar las causas que generan el problema que se quiere solucionar.

Como se comentó anteriormente, pueden darse otros casos en los que la información de partida ya ha sido recolectada; en ese caso, se obviarían los pasos 1.5.2 y 1.5.3 y se pasaría directamente del apartado 1.5.1 al 1.5.4.



Metodología de aplicación del diagrama de afinidad

4.5.1. Descripción del proceso al equipo de trabajo

En primer lugar, el coordinador describe al equipo cual es la filosofía del diagrama de afinidad y **cómo y para qué** se elabora, describiendo con claridad el rol de cada participante y entregándoles el material necesario para ello (tarjetas, bolígrafos/rotuladores).

La cantidad de tarjetas óptimo que recibe cada participante para que el número final de tarjetas en el tablero sea la adecuada se muestra en la tabla siguiente.

9 participantes	3 tarjetas para cada uno
7 participantes	4 tarjetas para cada uno
5 participantes	5 tarjetas para cada uno

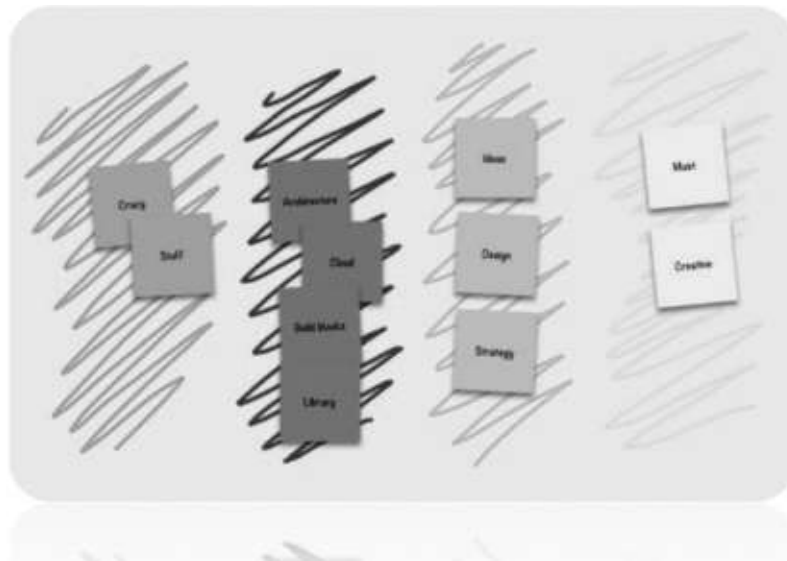
Nº tarjetas por cada integrante según el tamaño del grupo

No es estrictamente obligatorio que cada miembro del equipo cumplimente todas sus tarjetas, si bien el coordinador debe animar a que

así sea.

Por otro lado, esta recomendación no debe limitar el desarrollo del proceso, es decir, si algún participante desea más tarjetas no habría porqué negárselas.

En cualquier caso, alcanzar un mínimo de **20 tarjetas** es un buen resultado.



El facilitador debe fomentar la creatividad del grupo

Una vez que todo el grupo entiende la sistemática, se pasa a la siguiente etapa en la que el líder del equipo debe plantear al equipo una **pregunta** que resuma el objetivo que se quiera alcanzar (ver apartado 1.6 EL EJEMPLO PRÁCTICO).

Es de extrema importancia que la pregunta esté formulada correctamente pues el trabajo del equipo estará focalizado en ella. Un mal planteamiento puede desviar la atención hacia situaciones o problemas diferentes y malograr el éxito del proceso.

4.5.2. Puesta en escrito de las ideas

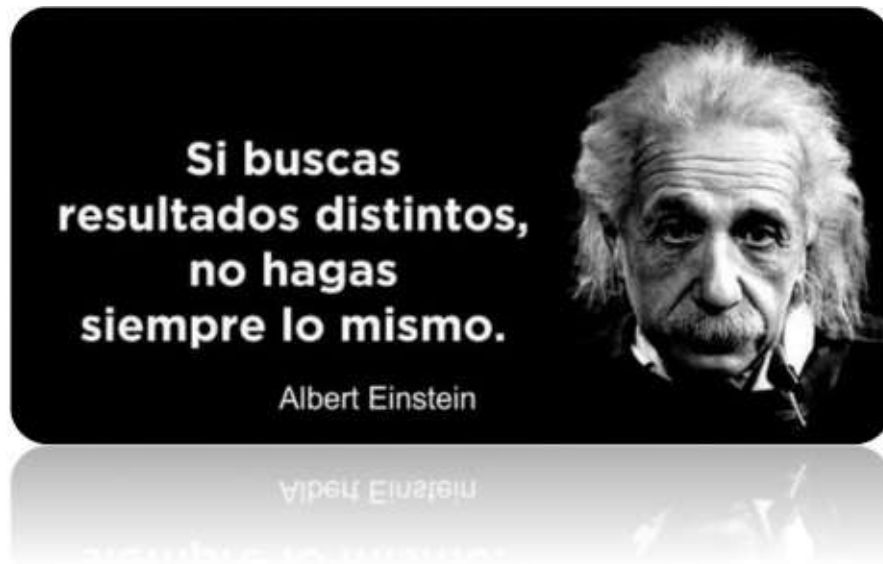
Una vez se ha puesto encima de la mesa la pregunta, todos los presentes anotan en una o varias tarjetas TODAS las ideas que les

"***** DEMO - www.ebook-converter.com *****"

venga a la mente, utilizando una tarjeta por idea.

El facilitador del equipo debe haber creado un clima de suficiente **confianza** como para que no exista “miedo al ridículo” por parte de los presentes que coarte su creatividad y libertad de expresión.

Al fin y al cabo, uno de los objetivos de esta etapa —sobre todo, cuando se abordan problemas recurrentes— es encontrar **ideas nuevas** que puedan llevar a soluciones diferentes de otras que se puedan haber puesto en práctica con anterioridad.



Ideas nuevas llevan a resultados diferentes

Es importante que las ideas se describan con suficiente claridad, aunque de forma breve y concisa, para facilitar la etapa de lectura y puesta en común. Se recomienda transmitir al equipo de trabajo las siguientes reglas:

- Se anota una única idea por tarjeta.
- Deben ser ideas claras, que se puedan relacionar con hechos concretos reales, recientes y relevantes para la situación o problema evaluado.
- El texto debe ser breve —no más de tres líneas— y conciso. Debe describir con exactitud la idea o el hecho concreto al que hace referencia.

- Se debe evitar los juicios de valor. La descripción debe buscar la objetividad e imparcialidad.

4.5.3. Redistribución aleatoria de las tarjetas

Precisamente para facilitar que todos los integrantes del equipo se expresen con libertad, las tarjetas se suelen **distribuir aleatoriamente** entre todos, de forma que sea imposible determinar quién ha escrito qué.

Después, se facilita unos minutos para que cada integrante del equipo lea las tarjetas que le han tocado, las comprenda y si tiene alguna duda, la plantee al grupo para aclararla.

4.5.4. Lectura en común y pegado en el tablero

Las tarjetas se van leyendo en voz alta y colocando en el tablero sin seguir ningún orden pre-establecido. No obstante, es habitual que se identifiquen claramente la afinidad de algunas tarjetas en el momento de ser leídas, por lo que ya son colocadas con criterio en el tablero desde un primer momento.

El resultado final de esta etapa es un tablero lleno de tarjetas que expresan ideas de todo tipo sobre la pregunta planteada. En general, en este momento más de la mitad de las tarjetas ya han sido agrupadas y restan aproximadamente entre un 15% y un 30% de tarjetas sin agrupar.

Todo el equipo debe tener buena visibilidad y acceso a las tarjetas, de forma que puedan moverlas y recolocarlas a su antojo sin la ayuda de nadie.



Ejemplo de tablero con tarjetas agrupadas

4.5.5. Revisión de las tarjetas y agrupación según afinidad

Una vez colocadas todas las tarjetas en el tablero, el equipo se debe tomar unos minutos para leerlas y analizarlas. El objetivo de esta etapa es **identificar ideas afines** y colocarlas juntas, lo que supondrá recolocar su situación en el tablero.

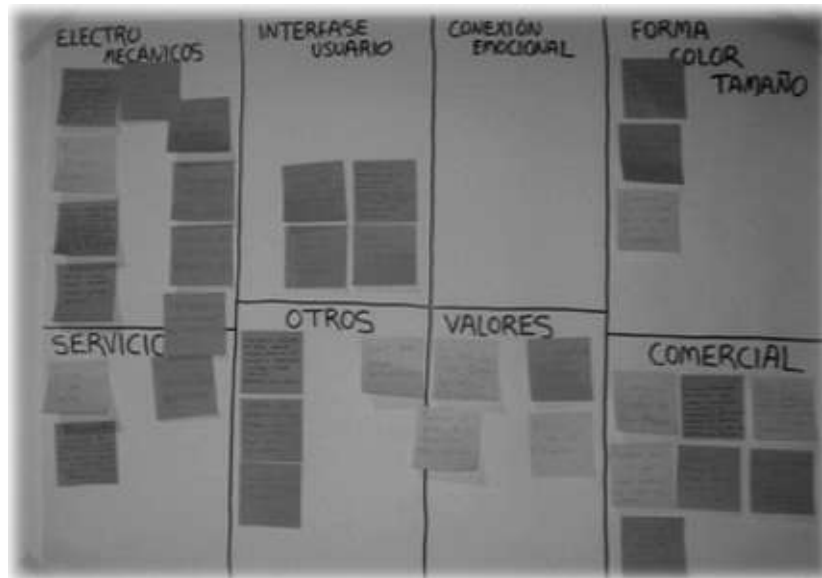
Todos los integrantes del equipo pueden acceder a las tarjetas y moverlas. El coordinador debe vigilar que este proceso se haga con un cierto cuidado y orden para evitar el riesgo de que alguna tarjeta se caiga o se pierda.

En esta fase del proceso, los miembros del equipo pueden proponer la separación de alguna de las tarjetas, si piensan que la idea propuesta no encaja con el objetivo buscado. El motivo puede ser que alguno de los miembros del equipo no haya entendido suficientemente el alcance de la pregunta.

Estas tarjetas pueden ser colocadas en un área separada del tablero, y pueden ser incorporadas de nuevo si a lo largo del proceso se valora que sí son aplicables o de interés.

El resultado de esta etapa es un tablero en el que la gran mayoría de las tarjetas están agrupadas según su afinidad.

"***** DEMO - www.ebook-converter.com*****"



Ejemplo de tablero con tarjetas agrupadas

Lo habitual es identificar al menos **tres o cuatro grupos de tarjetas**.

¡Ojo! Si el equipo únicamente identifica un grupo significaría que, o bien el problema no ha sido correctamente planteado o bien que el equipo ya tenía pre-decidió cuál era la causa principal del problema y por tanto, no tenía ningún sentido aplicar esta metodología.

Y si llegado al final existen muchas tarjetas sin agrupar, puede significar que el problema no fue correctamente descrito y que los miembros del equipo lo han interpretado de formas muy distintas.

En cualquier caso, el resultado no sería aceptable y sería recomendable repetir el proceso con el mismo grupo o con otro diferente.

4.5.6. Propuesta de tarjetas cabecera

En ese momento, se deben proponer nombres para cada agrupación que refleje la idea central que las aglutina.

Puede ser un **título** común (como se ve en la imagen inmediatamente anterior) o una nueva tarjeta en la que se describa la idea central que aglutina todas las tarjetas. Estas tarjetas se denominan **tarjetas cabecera** y se suelen colocar por encima de las otras tarjetas a las cuales representa.



Ejemplo de tablero con tarjetas agrupadas

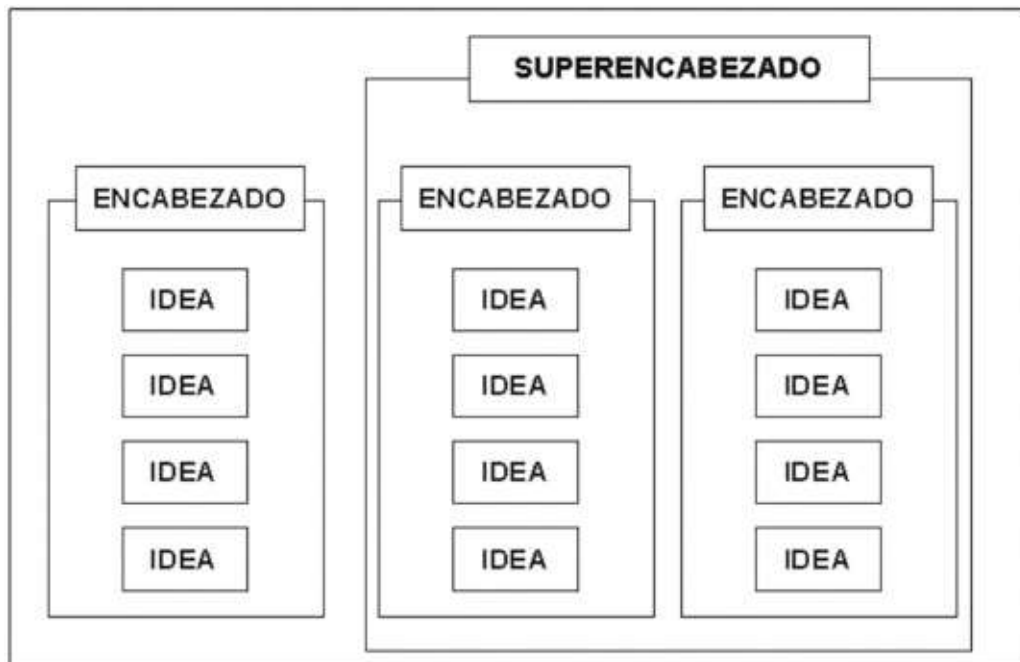
Las tarjetas cabecera deben identificar de forma muy clara el hilo conductor que une a todas las tarjetas y además, tener el consenso de todo el grupo.

A veces, el “tono” de la tarjeta cabecera es especialmente positivo o negativo, y en su descripción, es capaz de recoger un estado de ánimo común de los integrantes del grupo. Esto no debe evitarse, al contrario, puede ser una pista a seguir en un posterior análisis de causas más profundo.

Por ejemplo, una tarjeta cabecera que diga “**falta de motivación del personal**”, siempre que sea consensuada por el grupo, proporciona mucha más información que una tarjeta cabecera que se denomine únicamente “**personal**” sobre las posibles causas que pueden estar motivando el problema o la situación indeseada.

4.5.7. Análisis final y consenso

Es habitual que, una vez colocados los títulos o tarjetas cabecera, a la vista de los grupos creados surjan **nuevas agrupaciones**, que lleven a la realización de agrupaciones superiores con ideas aún más globales.



Varias agrupaciones de ideas

Para ello, es imprescindible que el equipo lleve a cabo un análisis profundo de los grupos que se han creado en el tablero, y que exista consenso entre todos los miembros del equipo sobre los resultados obtenidos y los grupos realizados.



La participación de todo el equipo es imprescindible

Una vez se da por finalizado el ejercicio, se toma nota de los resultados por escrito.

Las tarjetas suelen introducirse en sobres en los que se refleja el título o idea central que las agrupa, y se guardan con el objetivo de poder utilizarlas en procesos posteriores de propuestas de soluciones (como el método TKJ comentado anteriormente).

En el ejemplo que se muestra a continuación, un equipo de profesores de una **autoescuela**, ha realizado un pequeño ejercicio de análisis sobre cómo mejorar la calidad de su servicio ante el progresivo descenso del número de matriculados. Se reunieron 11 tarjetas que se agruparon en 3 categorías: calidad de las clases teóricas, calidad de las clases prácticas y calidad de la gestión y administración. El resultado de la agrupación es el siguiente.

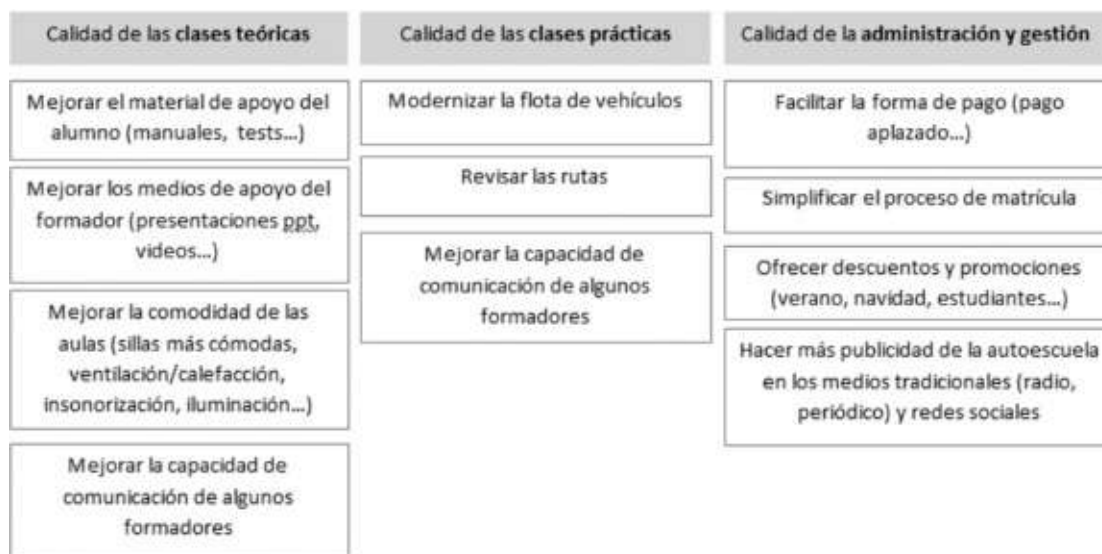


Diagrama de afinidad autoescuela

4.6. EL EJEMPLO PRÁCTICO

- **La empresa**

Imaginemos una pyme del sector metal ubicada en una ciudad industrial del norte de España. Se dedica a la **calderería industrial** y su rango de productos es amplio: estructuras metálicas, depósitos, tanques... Su especialidad es la fabricación de piezas de grandes dimensiones y habitualmente, el transporte a las instalaciones del cliente corre de su cargo.

En su sede central, la empresa dispone de un gran taller de fabricación, dos almacenes (uno de productos y otro de materias

primas) y un área de oficinas. Tiene también oficinas comerciales en el centro y sur del país.

Es una empresa veterana en el sector con **más de 35 años de existencia**. Hasta hace un par de años, la dirigió con éxito el antiguo Director General —ahora, recién jubilado—, persona con una dilatadísima experiencia en el sector (no en vano ha dedicado toda su vida a él, primero como calderero y Jefe de Producción para terceros y finalmente creando y dirigiendo su propia empresa).

Recientemente, ha ocupado su puesto su hijo, con menos experiencia en el sector metal pero una excelente formación en gestión y administración de empresas.

Hace unos años y bajo la presión de los mercados, decidieron implementar y certificar —no sin esfuerzo— un sistema de **gestión de calidad y medioambiente** según las normas ISO 9001 e ISO 14001 si bien, no les ha supuesto un gran cambio en sus procesos de trabajo. A lo sumo, más papeleo...

Actualmente trabajan en ella 40 empleados. La mayoría de ellos han nacido y viven en la misma ciudad en la que está ubicada la sede central, por lo que la empresa tiene fuertes lazos con la zona y contribuye significativamente a su desarrollo económico.



Productos de la empresa

- ***El problema***

Como se comenta en el apartado anterior, la empresa lleva más de 35 años fabricando y comercializando sus productos. Cuando empezaron, rápidamente se convirtieron en líderes en su sector.

Pero en la última década, la empresa ha visto como han ido apareciendo **nuevos competidores** —tanto españoles como extranjeros— que ofrecen los mismos productos pero a **precios más competitivos** que los suyos.

Aunque el anterior Director General no estaba muy conforme con la idea, animado por el resto del equipo y en un intento de acceder a nuevos mercados y atender los requisitos contractuales de algunos clientes, hace unos años decidieron implantar y certificar las normas **ISO 9001** e **ISO 14001** y, aunque consiguieron obtener el certificado, en realidad, no han notado todavía gran diferencia en el aumento de clientes o la mejora de los beneficios. De hecho, en los últimos seis meses, **han perdido dos de los clientes más importantes** que poseían en cartera.

Por otro lado, el nuevo Director General ha comprobado en la última revisión del sistema —gracias al cuadro de indicadores que la empresa creó como consecuencia de la implementación de las *ISOs*— cómo los niveles de **productividad** han ido **disminuyendo** y, en consecuencia, el **coste de fabricación** de sus productos ha ido **aumentando**. Al no ser viable incrementar el precio final de los mismos, han preferido disminuir los beneficios y han empeorado su cuenta de resultados.

Con el objetivo de buscar una solución —antes de llegar a una situación realmente crítica— y volver a alcanzar unos niveles óptimos de productividad que les permita volver a ser competitivos, el actual Director General ha decidido crear un equipo de trabajo que estudie el problema y sea capaz de proponer una solución.

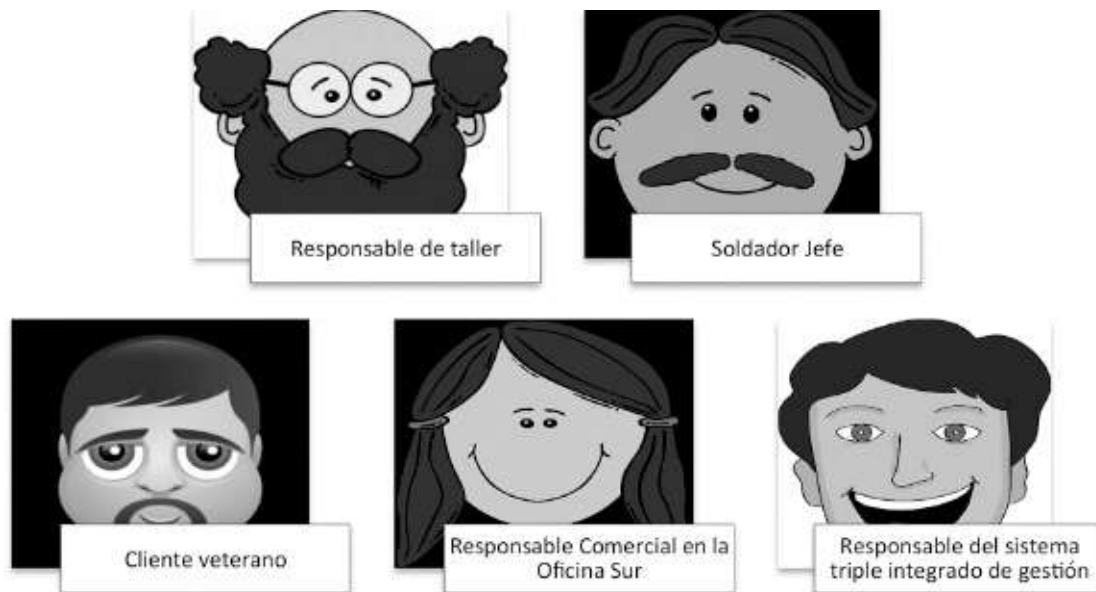
- ***El equipo***

"***** DEMO - www.ebook-converter.com *****"

El responsable de calidad y medio ambiente fue designado por el Director General como líder del equipo y responsable de seleccionar las personas más adecuadas para integrar el equipo de trabajo.

El equipo finalmente se compuso de:

- **Responsable de taller:** la persona con más experiencia en fabricación de toda la empresa. Forma parte de la entidad desde casi el principio y lleva más de una década controlando el taller y sus trabajadores.
- **Soldador Jefe:** soldador homologado con mucha experiencia en el sector. Aunque lleva relativamente poco tiempo en la organización, ha encajado de forma excelente en el equipo. Recientemente ha sido designado como enlace sindical.
- **Cliente veterano:** tras consultarlo con el director general, el líder del equipo decidió invitar a un cliente veterano, altamente fidelizado con la empresa –y con lazos familiares con ella: es cuñado del antiguo Director General y tío del actual– a participar en el proceso, con el objeto de aportar un enfoque totalmente diferente al resto y con ello, ideas nuevas y alternativas a las que el propio personal pudiera aportar.
- **Responsable comercial en la Oficina Sur:** es la persona más joven de todo el equipo y la más reciente en incorporarse. Por otro lado, ocupa un puesto que le permite estar en contacto directo constante con los clientes, y atender sus necesidades, propuestas, reclamaciones etc.
- **Responsable del sistema:** designado por el director general por su formación en gestión de calidad, capacidad de liderazgo y de coordinación de equipos de trabajo.



Integrantes del equipo de trabajo

Si bien todos tienen conocimientos generales de calidad, ninguno de ellos había empleado una herramienta como esta con anterioridad (a excepción del responsable del sistema) por lo que previo a la celebración de la reunión de trabajo que se describe a continuación, el Responsable del Sistema impartió unas sesiones de formación general en gestión de calidad, identificación y resolución de problemas y ciclo de mejora continua.

- ***La reunión***

El equipo decidió reservar una sala en un hotel cercano a las instalaciones de la empresa, ante la imposibilidad de encontrar en la misma una sala adecuada que les permitiera llevar a cabo la reunión con tranquilidad.

La reunión se planificó para un viernes por la mañana y se programó de la forma siguiente:

9 a 10:15	Inicio y presentación de los objetivos de la reunión
10:15 a 11:30	Descripción metodología de diagrama de afinidad
11:30 a 12	<i>Coffee-break</i>
12 a 13:45	Puesta en práctica de la metodología en grupo
13:45 a 14	Análisis de resultados y conclusión

Programa de la reunión

Para minimizar al máximo las interrupciones –llamadas, mensajes, *whatsapp*s...– los teléfonos móviles fueron *confiscados* al inicio de la reunión y su uso se limitó al periodo de descanso programado para media mañana.

En la sala se disponía de una gran mesa redonda, un tablero blanco grande, rotuladores de color negro aptos para limpieza en seco y varios tacos de tarjetas autoadhesivas de diferentes colores (tipo *post-it*). El líder del equipo decidió que todos utilizarían tarjetas del mismo color (amarillo) para describir sus ideas, y se utilizarían el resto de colores (verde y azul) para las tarjetas cabecera.



“Preparación” de la reunión

- ***La pregunta***

Una vez repartido el material entre los presentes –sentados alrededor de la mesa–, el responsable del sistema hizo la pregunta, y luego la escribió en grandes caracteres en la parte alta del tablero:

“¿Por qué ha empeorado la productividad en nuestra empresa?”

A continuación, dejó cinco minutos a los presentes para que, en silencio, rellenasen al menos tres de las cinco tarjetas que se les

habían facilitado.

A la finalización de los cinco minutos, todas las tarjetas fueron colocadas boca abajo encima de una mesa y barajadas con cuidado para que ninguna cayese de la mesa. El objetivo era que las tarjetas fuesen anónimas y, en la medida de lo posible, los integrantes del equipo no leyese sus propias tarjetas. Se contabilizaron veinte tarjetas en total y se repartieron cuatro a cada componente del equipo. Cada uno las eligió de encima de la mesa aleatoriamente.

El líder del grupo indicó que, aquel que eligiese una de sus propias tarjetas, la volviese a dejar con cuidado en la mesa, momento en el cual se volverían a barajar todas las tarjetas antes de continuar con el proceso de selección. Cuando estuvieron repartidas, se empezó la lectura de las mismas. Se decidió hacerlo por orden alfabético de los apellidos de los presentes.

- ***Los resultados***

El primero en leer fue el **cliente veterano**. Sus tarjetas contenían los siguientes textos:

Dos clientes se han quejado del acabado de las soldaduras en el último trimestre.

El último trimestre ha habido más bajas en el taller de lo habitual por enfermedades leves (gripe, catarro...)

Más de una docena de encargos se ha entregado con retraso en el último año

Los dos últimos soldadores en ser incorporados al taller no estaban homologados

La siguiente en leer sus tarjetas fue la **responsable comercial** de la oficina sur:

Algunas de las instrucciones de trabajo de la ISO están desactualizadas.

El puente-grúa estuvo parado por avería un día entero.

El taller se ve más sucio y desordenado. Se han perdido varias herramientas.

Utilizamos un software muy antiguo y a veces no se pueden abrir archivos que envían los clientes

Luego el **Jefe de Taller:**

El Director General ya no baja casi nunca por el taller a charlar con los empleados

El control de costes de proyectos no se lleva al día

Los sueldos de los
trabajadores no se
han actualizado en
los últimos tres
años.

Un proveedor de
acero me ha
comentado que
tenemos fama de
lentos...

...y el **soldador jefe**:

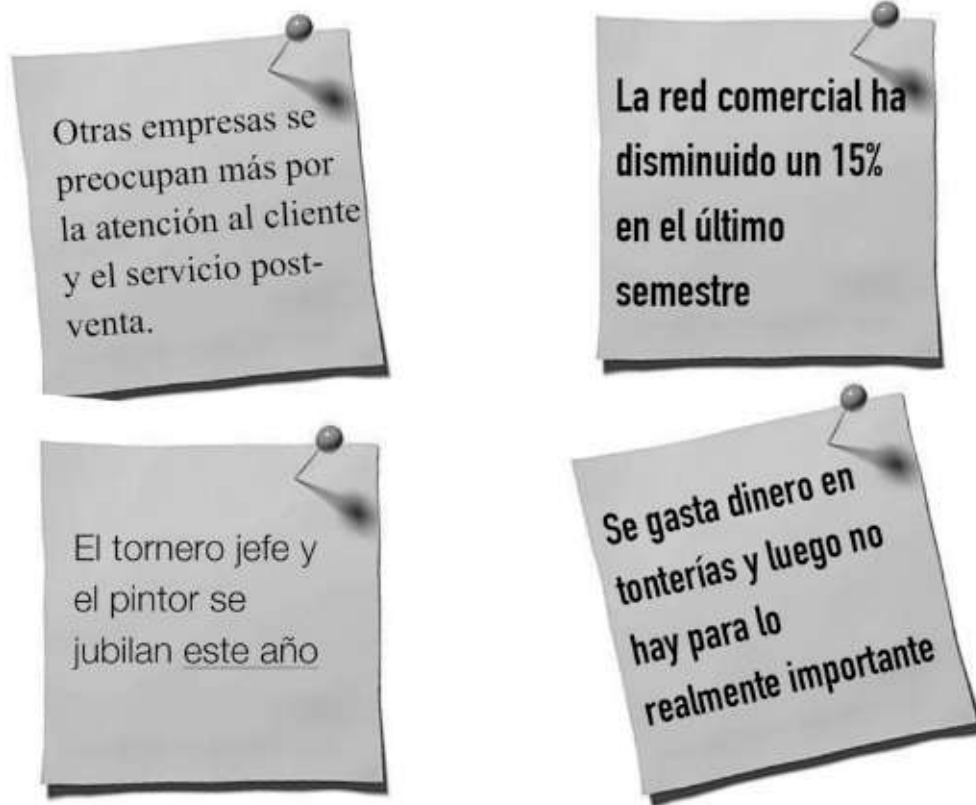
La máquina de
café lleva
estropeada una
semana...

A veces se
priorizan los
pedidos de
determinados
clientes sin dar
explicaciones

**Algunas máquinas
están obsoletas y
son peligrosas**

En la última
auditoría
externa, la
empresa tuvo el
peor resultado
de los cinco
años anteriores

Y finalmente el coordinador del grupo y **responsable del sistema de gestión**:



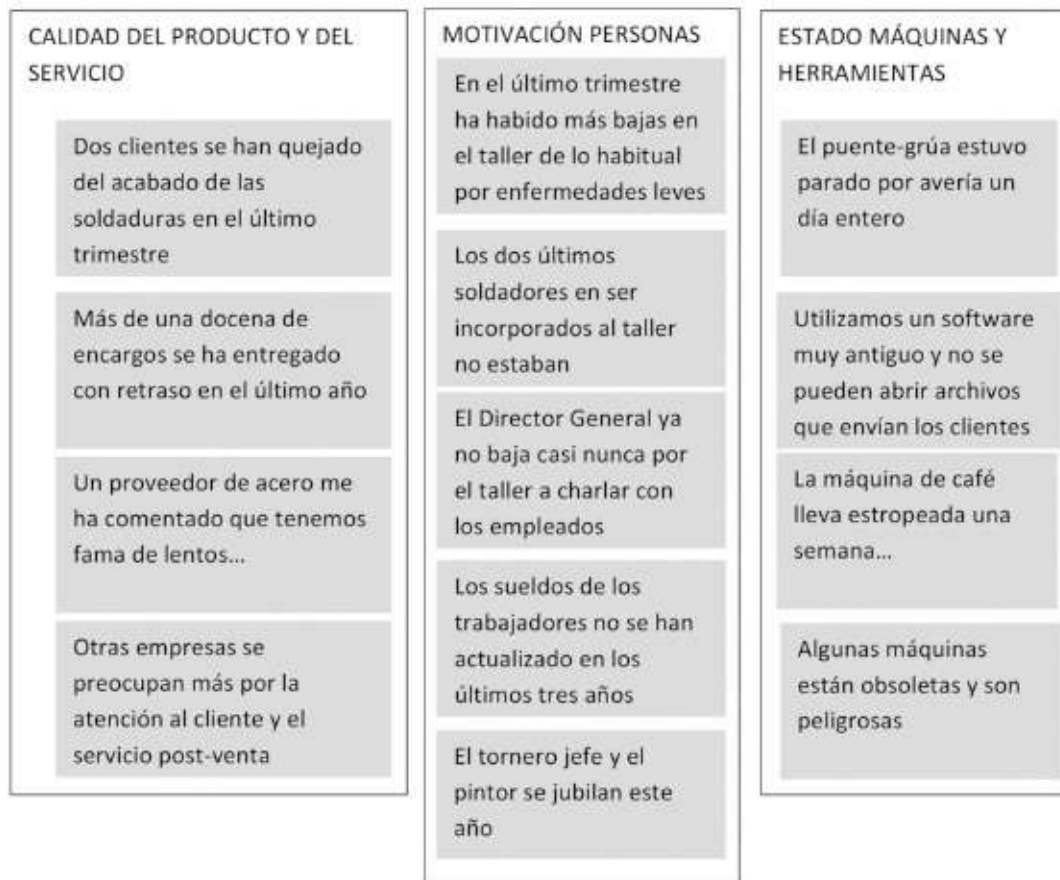
Las tarjetas fueron colocadas en el tablero y reagrupadas por todos los miembros del equipo según su afinidad.

Hubo cierta discusión sobre dos tarjetas en particular:

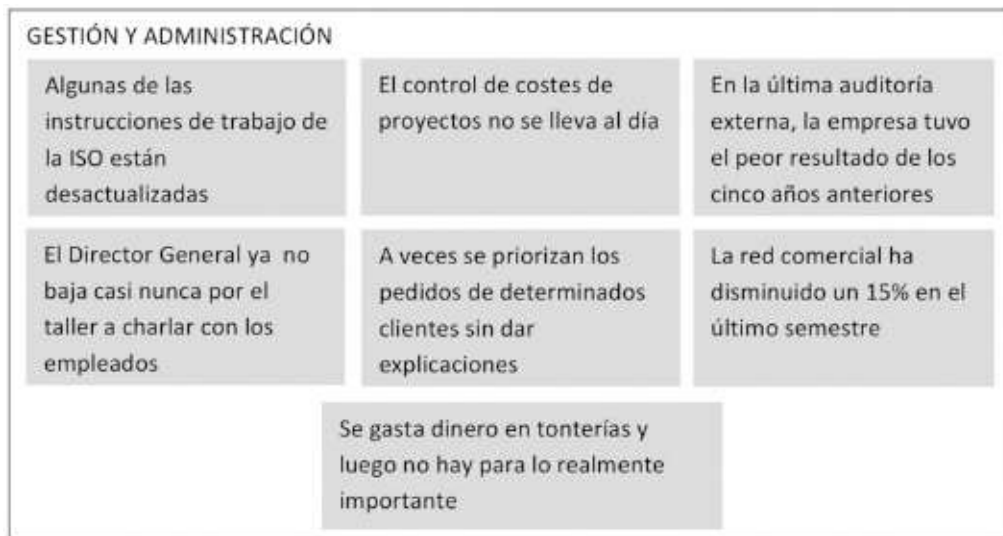
- La tarjeta **“El Director General ya no baja casi nunca por el taller a charlar con los empleados”** fue inicialmente colocada por el jefe de taller junto con otras tarjetas relativas al personal; tras unos minutos, el Responsable del sistema comentó que este hecho podía estar también relacionado con otras tarjetas relacionadas con la gestión y la organización de la empresa, pues describía una modificación en la forma en que el nuevo director general estaba gestionando la empresa. Se decidió de forma consensuada por todos los integrantes del equipo que se duplicase y se colocase en ambos grupos.
- La tarjeta **“Se gasta dinero en tonterías y luego no hay para lo realmente importante”** fue en un principio considerada improcedente por la mayoría del equipo y separada a un lado. No obstante, tras discutirlo unos minutos, se llegó a la conclusión de que, si bien la forma de expresar la idea no era la más adecuada,

representaba una idea clara que debía ser incluida en los resultados del análisis. Fue finalmente agrupada con otras tarjetas relacionadas con la gestión y administración de la entidad.

Resueltas las discrepancias, la agrupación final fue la siguiente:



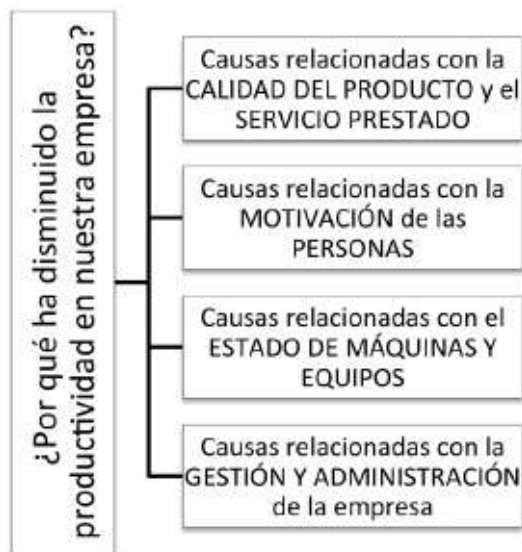
Grupo de tarjetas



Grupo de tarjetas

Los títulos de cada agrupación fueron propuestos por el líder del grupo y rápidamente aceptados por los demás integrantes del mismo.

Asimismo, el responsable del sistema se encargó de reflejar **por escrito** el resultado en un breve informe y de guardar las tarjetas en sobres rotulados con el título de cada grupo.



Resultado final de la reunión

4.7. CONCLUSIONES

El diagrama de afinidad es una herramienta muy útil para condensar muchas ideas en unos pocos conceptos clave, pero no permite priorizarlas, establecer cuáles son las más importantes o de más peso o qué acciones emprender sobre ellas.

De ahí que realizar un diagrama de este tipo puede constituir un primer paso básico para el análisis de un problema pero debe ser necesariamente complementado con alguna de las herramientas que veremos a continuación, orientadas al análisis de las causas más probables que originaron el problema y la identificación de las soluciones óptimas para eliminarlas.

CAPÍTULO 5.

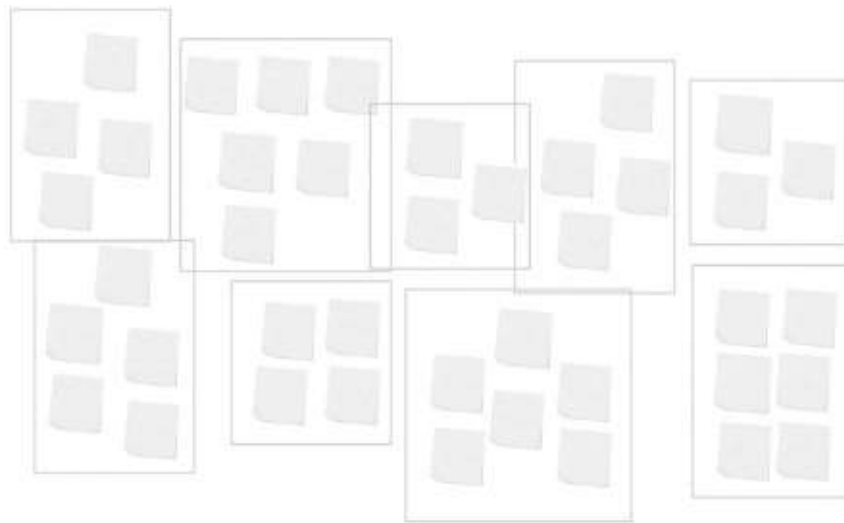
DIAGRAMA DE RELACIONES

5.1. INTRODUCCIÓN

El **diagrama de relaciones** se utiliza también, al igual que el diagrama de afinidad, en la fase inicial de planificación de los procesos de mejora.

Si en el capítulo anterior vimos cómo agrupar un conjunto de ideas en base a su afinidad o convergencia en un concepto o idea más global, en este capítulo veremos cómo establecer relaciones existentes entre ellas para darles una estructura más robusta y lógica.

Es muy habitual aplicar el diagrama de relaciones **a continuación de un diagrama de afinidad** para estudiar las relaciones entre las ideas claves generadas mediante dicho diagrama.



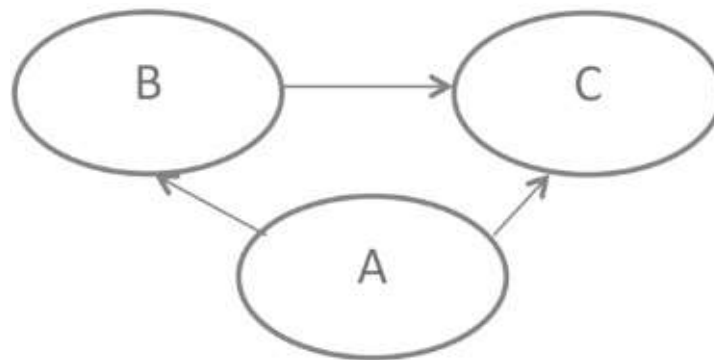
Resultados de un diagrama de afinidad

Esta herramienta es especialmente adecuada cuando existen muchos elementos a analizar con relaciones complejas entre ellos, por ejemplo, cuando se han obtenido muchas agrupaciones en el diagrama de afinidad. El diagrama permite alcanzar una visión de conjunto sobre cómo las causas están relacionadas entre sí y de esta forma, llegar a entender cuáles son las causas originarias del problema.



Relación entre el Brainstorming, el diagrama de afinidad y diagrama de relaciones

Hacer un **diagrama de relaciones** consiste en establecer relaciones **causa-efecto** entre los distintos elementos analizados, partiendo del hecho de que unos elementos serán causa de otros y al mismo tiempo, serán efecto de otros. Las relaciones se representan mediante flechas: **la flecha sale de la causa y llega al efecto**.



Relaciones causa-efecto entre sucesos

En el gráfico anterior, el suceso A es causa de los sucesos B y C, y al mismo tiempo, B también es causa del efecto C, por lo que el suceso C está a la vez generado por A y por B.

Para que el diagrama de afinidad tenga lógica, el diagrama se suele organizar gráficamente de dos formas:

- **Ordenación convergente en el centro:** el asunto a discusión se coloca en el centro y las relaciones, se van colocando alrededor. Se suele emplear cuando el número de tarjetas es relativamente bajo (inferior a 15).

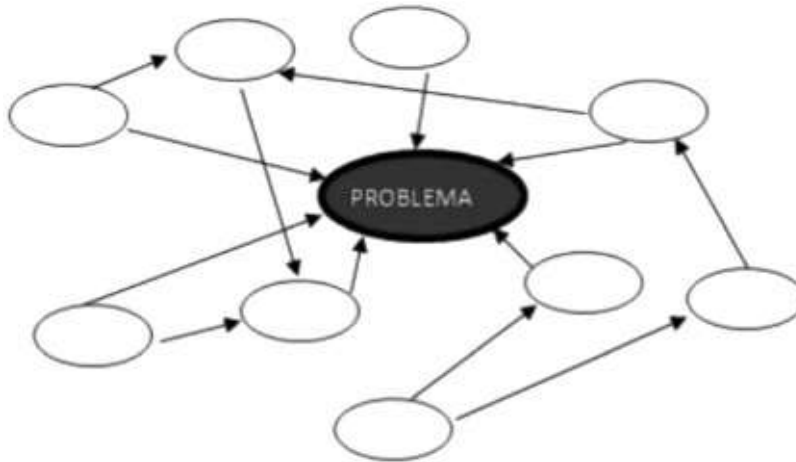


Diagrama de relaciones convergente

- **Ordenación direccional:** el asunto a discusión se coloca en un extremo, generalmente a la derecha del tablero. Se suele utilizar esta disposición cuando en las relaciones establecidas existe una secuencia temporal lógica.

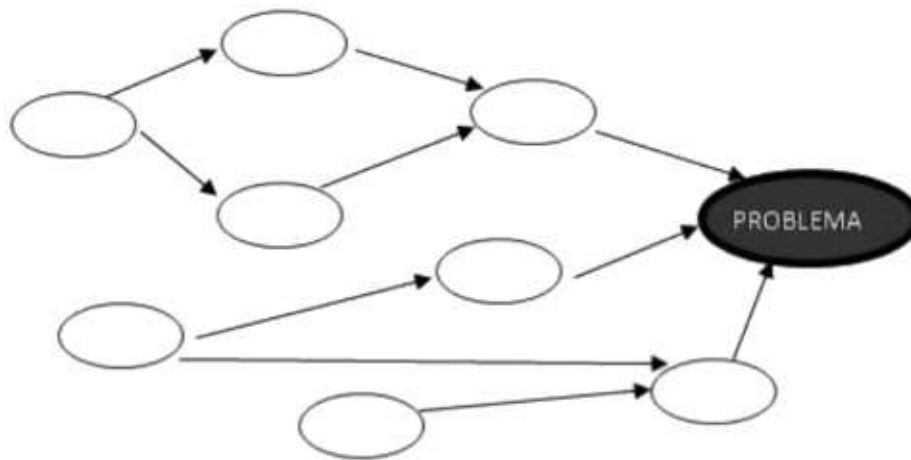


Diagrama de relaciones direccional

Una vez que se han establecido las relaciones causa-efecto, estos diagramas pueden organizarse después de forma más clara, incorporando otros parámetros como la distribución por departamentos de la empresa. Se denominan diagramas de relaciones **estructurados**:

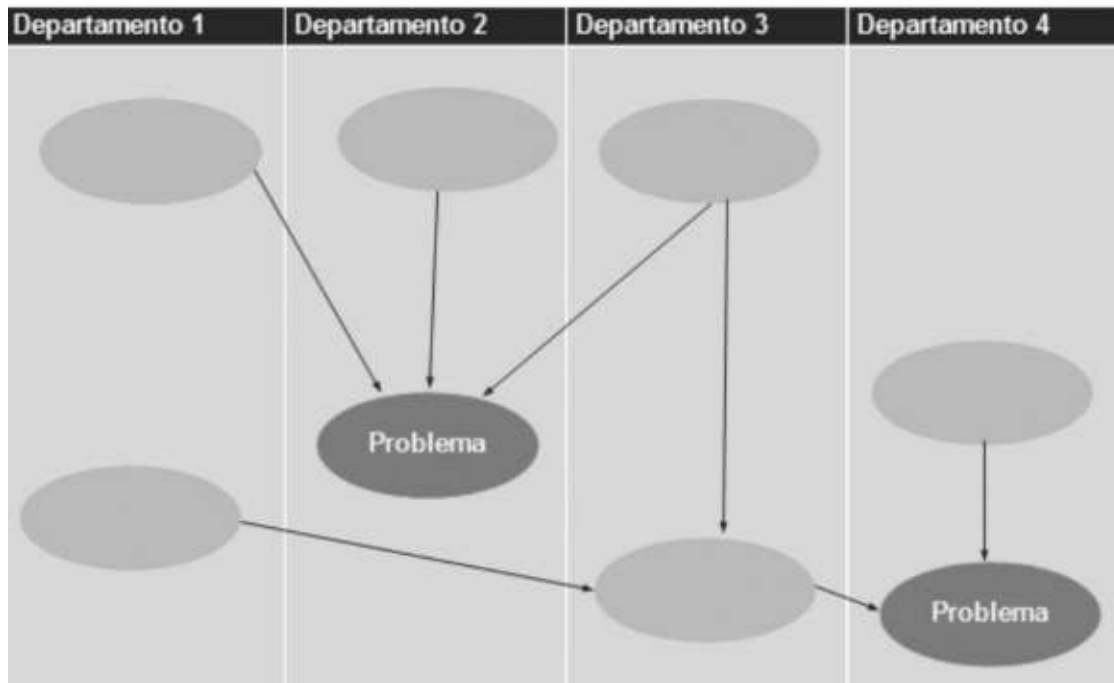


Diagrama de relaciones estructurado

5.2. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE APLICAR LA HERRAMIENTA

Como ocurría en el caso del diagrama de afinidad, se trata de una herramienta relativamente sencilla, lo que permite ser aplicada por grupos de trabajo sin excesiva formación técnica, aunque en los casos más complejos, puede dar lugar a diagramas difíciles de interpretar.

Por otro lado, la evaluación que se realiza de las relaciones causa-efecto es totalmente subjetiva y dependiente de las personas que componen el equipo de trabajo.

Finalmente, se debe ser consciente de que el diagrama de relaciones tampoco aporta información sobre las acciones a emprender sino que estas deben ser objeto de un análisis posterior.

5.3. EL EQUIPO DE TRABAJO

El equipo de trabajo debe tener características similares al descrito en el capítulo anterior para el diagrama de afinidad. Debe conocer bien el problema o situación que se vaya a analizar.



El trabajo en equipo, según Dilbert

Fuente: 6-14-11 © 2011 Scott Adams, Inc. Dist. by Universal Uclick

5.4. LOS RECURSOS

Basta con disponer de los mismos recursos descritos en el capítulo anterior: una sala tranquila en la que poder trabajar, un tablero de buenas dimensiones, tarjetas en las que plasmar las ideas (del tipo autoadhesivo, por ejemplo), bolígrafos para escribir...

Teniendo en cuenta que parte del proceso es pintar sobre el propio tablero, es recomendable que este permita el borrado y re-escritura (tablero blanco tipo Villeda o pizarra).

5.5. LA SISTEMÁTICA DE APLICACIÓN

Elaborar un diagrama de relaciones conlleva los siguientes pasos:



Metodología de aplicación del diagrama de relaciones

Si ya se ha realizado un **diagrama de afinidad** previo, se pueden obviar los tres primeros pasos. Si se parte de cero, las primeras etapas se realizan de la misma forma que se describió en el capítulo anterior. En este caso, se describe el proceso suponiendo que se ha elaborado previamente un diagrama de afinidad.

5.5.1. Decidir la estructura del diagrama

Esta decisión suele corresponder al coordinador del grupo y puede depender de algo tan sencillo como la forma del tablero. No obstante, se recomienda elegir una estructura convergente cuando el número de tarjetas no es demasiado elevado (no superior a 15) y una estructura direccional cuando se maneja un buen número de tarjetas o cuando la secuencia de ideas tiene un origen temporal o lógico.

Una vez decidido, se coloca la tarjeta con el “problema” en el centro si se ha elegido crear un diagrama convergente o en un extremo (generalmente, a la derecha) si se ha elegido un diagrama direccional.

5.5.2. Ordenar las tarjetas en función de la relación causa-efecto

Se parte de las tarjetas agrupadas por “grandes causas” en el tablero. Se suele empezar situando aquellas que tengan una relación más

intensa —a criterio de los participantes— en el problema, cerca de la tarjeta que lo define. Estas serían las causas de primer nivel o causas primarias.

Después, se siguen colocando el resto de tarjetas ya más alejadas de la tarjeta “problema”; son las causas secundarias e incluso terciarias.

Al mismo tiempo que se van colocando las tarjetas, se van analizando y se van pintando sobre el tablero flechas que indiquen la relación causal (la flecha sale de la tarjeta “causa” a la tarjeta “efecto”). Una misma tarjeta puede ser “causa” de varias tarjetas y viceversa, una misma causa “efecto” puede venir derivada de muchas causas. No se debe establecer —a priori— ningún límite en este sentido.

En muchas ocasiones, cuando aparecen muchas relaciones causa-efecto, es conveniente “ordenar” el diagrama antes de pasar a la fase de análisis, para evitar el entrecruzamiento de flechas... no obstante, en la práctica (como se verá en el ejemplo) esto no siempre se consigue con facilidad...

5.5.3. Análisis del diagrama e identificación de factores clave

En el análisis del diagrama, hay que tener en cuenta que las tarjetas con más flechas de salida son, probablemente, las causas principales. También hay que identificar las tarjetas que reciben más flechas causa-efecto. Tanto unas como otras se denominan habitualmente **factores clave** y son los elementos más influyentes y más influidos del diagrama y, por tanto, con más impacto en el problema.

Siguiendo con el análisis, se denominan:

- **Efectos clave**, aquellas tarjetas que tienen más flechas entrantes que salientes.
- **Hitos clave**: son las tarjetas que tienen más flechas salientes que entrantes. También se denominan temas clave u objetivos.
- **Conductores clave**: aquellas tarjetas con igual número de flechas

entrantes que salientes.

En el siguiente ejemplo, una empresa decide emprender un proceso de mejora global de la calidad. Para ello comienza con un proceso de identificación de factores clave que intervienen en la calidad del producto/servicio que presta a sus clientes. El objetivo del análisis es la ***“puesta en marcha del plan de calidad”***.



Ejemplo de diagrama de relaciones

En el ejemplo de diagrama que se muestra a continuación, una aerolínea decide crear un equipo de trabajo para mejorar la calidad de su servicio, al recibir múltiples quejas de sus usuarios tras la salida de varios aviones con retraso. El objetivo buscado es ***“mejorar el trato al cliente”***.



Ejemplo de diagrama de relaciones

5.6. EL EJEMPLO PRÁCTICO

Vamos a continuar analizando el caso propuesto en el capítulo anterior. Recordemos los datos básicos:

- **La empresa**

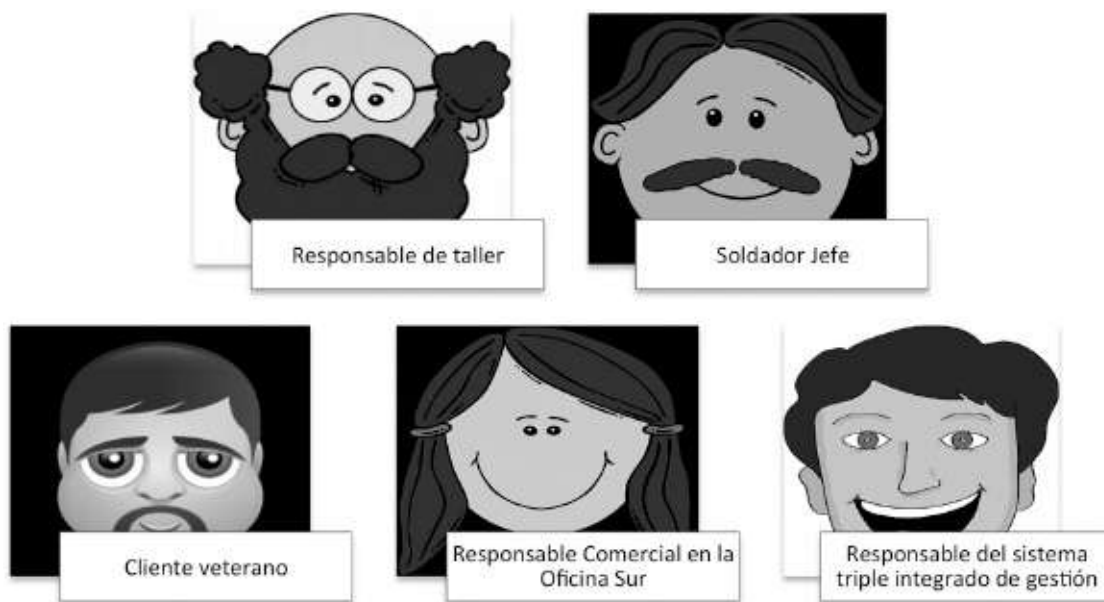
Empresa del sector metalmecánico ubicada en el norte de España. Cuentan con un sistema integrado de gestión acorde a las normas internacionales ISO 9001 (gestión de calidad) e ISO 14001 (gestión del medio ambiente).

- **El problema**

Un descenso notable en los niveles de **productividad** y en consecuencia, un aumento del **coste de fabricación** de sus productos. **Pérdida de la competitividad** y concretamente, de algunos de sus **clientes** más importantes.

- **El equipo**

El equipo de trabajo sigue siendo el mismo del caso práctico anterior:



Integrantes del equipo de trabajo

- **Situación de partida**

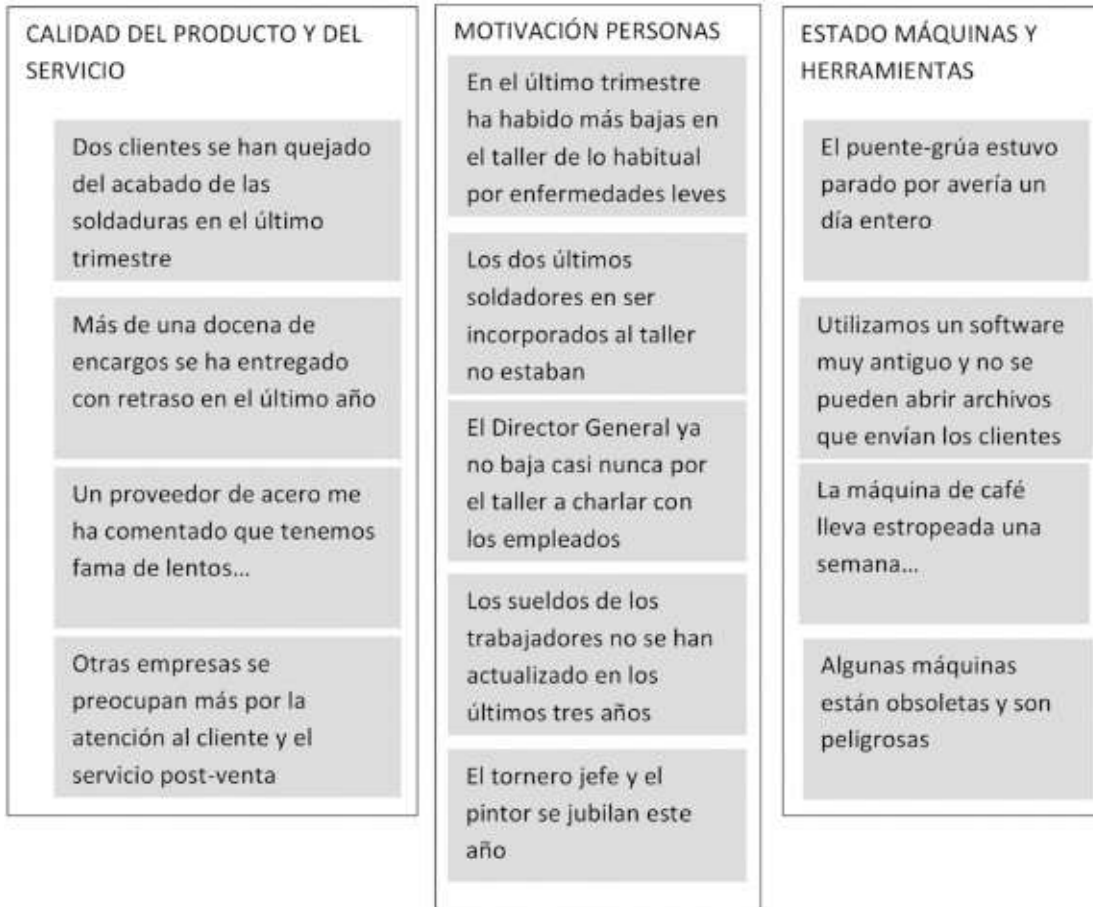
En una reunión previa, el equipo de trabajo llevó a cabo un ejercicio de *Brainstorming* al que siguió la elaboración de un diagrama de afinidad.

El punto de partida fue la siguiente pregunta:

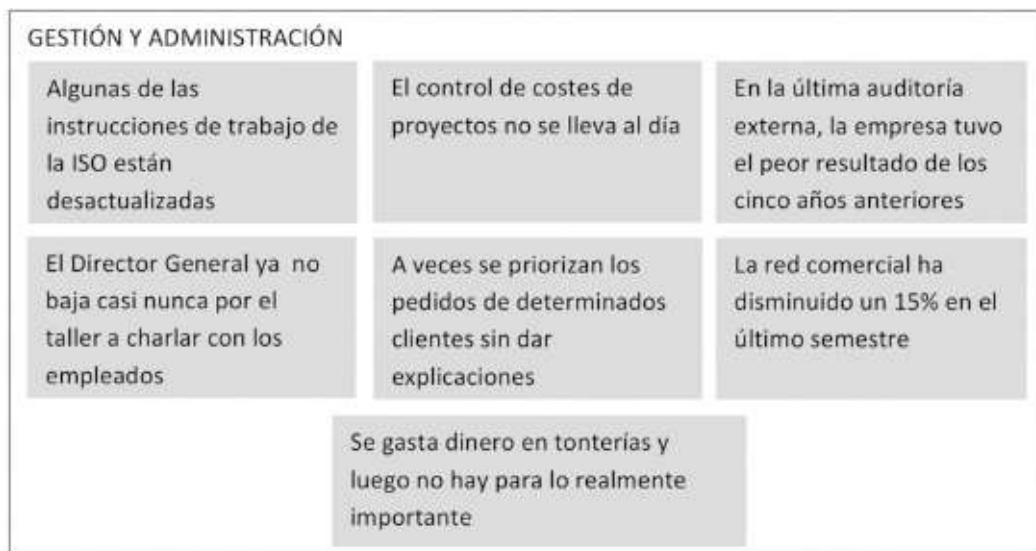
“¿Por qué ha empeorado la productividad en nuestra empresa?”

Las veinte tarjetas resultantes se ordenaron de la forma siguiente:

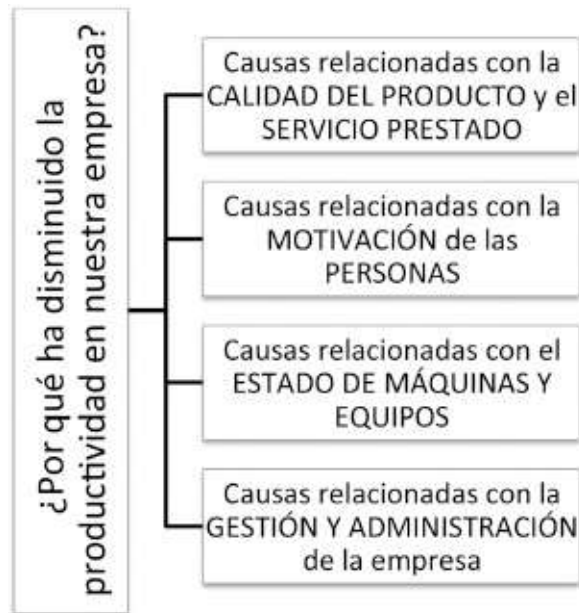
"***** DEMO - www.ebook-converter.com*****"



Grupo de tarjetas



Grupo de tarjetas



Resultado final de la reunión

Tras el excelente resultado de la primera reunión, el responsable del sistema decide convocar una nueva reunión para elaborar un diagrama de relaciones sobre la base del diagrama de afinidades obtenido en la primera reunión.

- **Proceso**

Tras repasar brevemente lo realizado en la anterior reunión y los resultados obtenidos, el responsable del sistema explica al equipo el objetivo de la reunión y la sistemática a seguir.

A continuación, se extraen las tarjetas de los sobres en que se habían pegado y se colocan de nuevo en el tablero, agrupadas según los resultados del diagrama de afinidad.

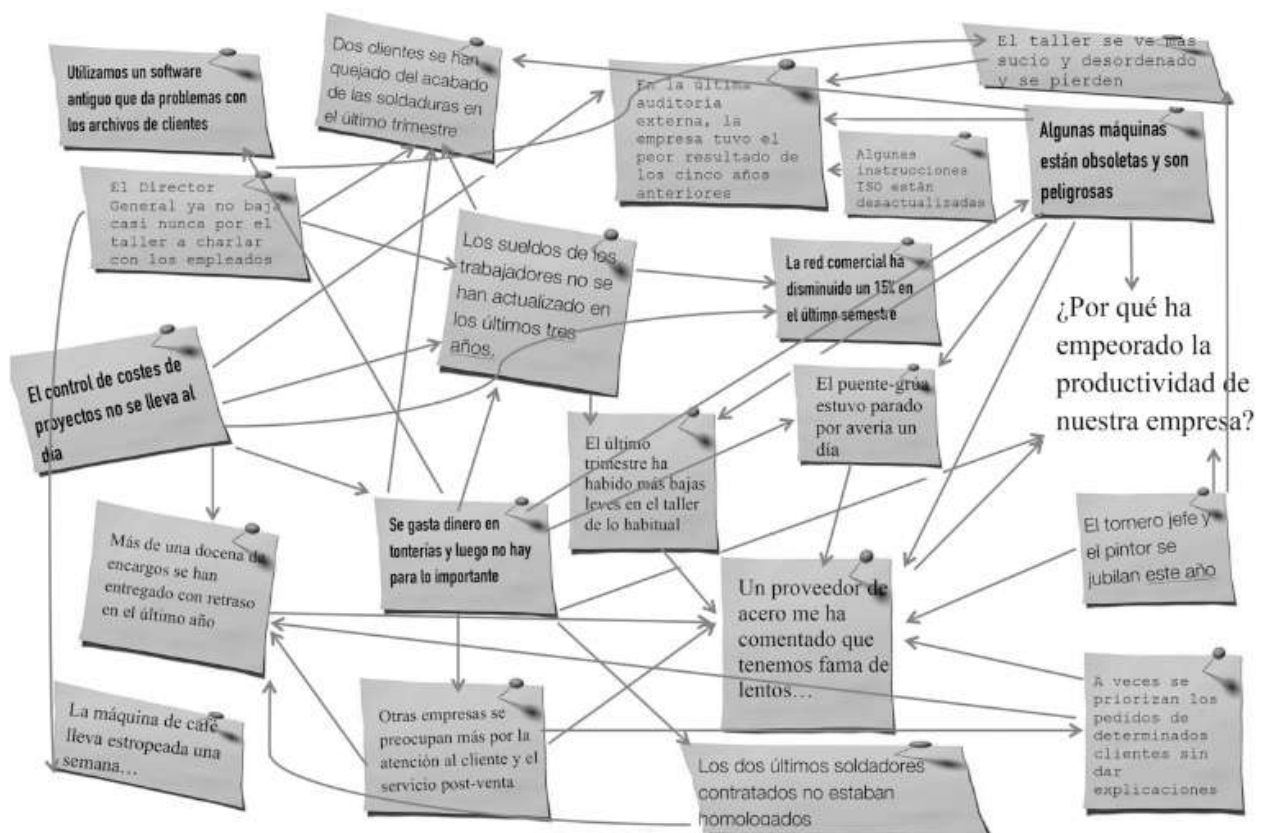
Tras una breve discusión y tras alcanzar un consenso entre todo el equipo, se decide que la estructura del diagrama sea direccional, dado el número de tarjetas, la forma rectangular del tablero y la secuencia lógica que parecen tener algunas de las tarjetas. El responsable del sistema se dirige al extremo derecho del tablero y escribe con rotulador una gran casilla en la que se puede leer “**¿Por qué ha empeorado la productividad de nuestra empresa?**”.

Seguidamente, distribuye los rotuladores entre todos los participantes y les anima a que pinten las flechas que representan las relaciones causa-efecto.

- **Resultado**

El resultado se muestra en el gráfico “*diagrama de relaciones*” de la página siguiente.

NOTA: El diagrama se muestra sin ordenar, tal y como se han ido estableciendo las relaciones entre las tarjetas. Como se indicaba en la descripción del método, no siempre se consigue un diagrama “limpio” en el que solo exista una relación causa-efecto entre las ideas y las flechas no se entrecrucen entre sí... no pasa nada, es lo más habitual y basta con identificar los factores clave para realizar un buen análisis.



El número de relaciones establecidas es bastante grande y el diagrama resultante no resulta demasiado claro, por lo que el equipo decide identificar los factores clave.

TARJETA	TOTAL	ENTRAN	SALEN
Utilizamos un software antiguo que da problemas con los archivos de los clientes	1	1	0
El Director General ya no baja casi nunca por el taller a charlar con los empleados	4	0	4
El control de costes de proyectos no se lleva al día	5	0	5
Más de una docena de encargos se han entregado con retraso en el último año	5	4	1
La máquina de café lleva estropeada una semana	1	1	0
Dos clientes se han quejado del acabado de las soldaduras en el último trimestre	4	4	0
Los sueldos de los trabajadores no se han actualizado en los últimos tres años	6	3	3
Se gasta dinero en tonterías y luego no hay para lo importante	9	1	8
Otras empresas se preocupan más por la atención al cliente y el servicio post-venta	4	1	3
En la última auditoría externa, la empresa tuvo el peor resultado de los cinco años anteriores	4	4	0
La red comercial ha disminuido un 15% en el último semestre	2	2	0
El último trimestre ha habido más bajas leves en el taller de lo habitual	3	2	1
Un proveedor de acero me ha comentado que tenemos fama de lentos	8	7	1
Los dos últimos soldadores contratados no estaban homologados	2	1	1

TARJETA	TOTAL	ENTRAN	SALEN
El puente-grúa estuvo parado por avería un día entero	3	2	1
Algunas instrucciones ISO están desactualizadas	1	0	1
El taller se ve más sucio y desordenado y se pierden herramientas	3	2	1
Algunas máquinas están obsoletas y son peligrosas	7	1	6
El tornero jefe y el pintor se jubilan este año	3	0	3
A veces se priorizan los pedidos de determinados clientes sin dar explicaciones	3	1	2

Por consenso, se decide clasificar como factores clave aquellas tarjetas que superen las cinco flechas causa-efecto en total (remarcadas en negrita en la tabla anterior):

TARJETA	TOTAL	ENTRAN	SALEN
El control de costes de proyectos no se lleva al día	5	0	5
Más de una docena de encargos se han entregado con retraso en el último año	5	4	1
Los sueldos de los trabajadores no se han actualizado en los últimos tres años	6	3	3
Se gasta dinero en tonterías y luego no hay para lo importante	9	1	8
Un proveedor de acero me ha comentado que tenemos fama de lentos	8	7	1
Algunas máquinas están obsoletas y son peligrosas	7	1	6

Siguiendo el criterio de clasificación descrito en el apartado 5.5.3 y ordenando los factores clave de mayor a menos número de flechas:

TARJETA	T	E	S	TIPO
Se gasta dinero en tonterías y luego no hay para lo importante	9	1	8	HITO CLAVE
Un proveedor de acero me ha comentado que tenemos fama de lentos	8	7	1	EFFECTO CLAVE
Algunas máquinas están obsoletas y son peligrosas	7	1	6	HITO CLAVE
Los sueldos de los trabajadores no se han actualizado en los últimos tres años	6	3	3	CONDUCTOR CLAVE
El control de costes de proyectos no se lleva al día	5	0	5	HITO CLAVE
Más de una docena de encargos se han entregado con retraso en el último año	5	4	1	EFFECTO CLAVE

En resumen, a criterio del equipo de trabajo, hay tres HITOS CLAVE con gran impacto en la productividad de la empresa:

- i) No se destina suficiente inversión a aspectos importantes.
- ii) Algunas máquinas están obsoletas y son peligrosas.
- iii) El control de costes de proyectos no se lleva al día.

Y hay dos efectos clave como resultado:

- i) Fama de lentos.
- ii) Encargos entregados con retraso en el último año.

Por último, hay un hilo conductor o CONDUCTOR CLAVE que interviene tanto en los primeros como en los segundos:

- i) Los sueldos de los trabajadores no se han actualizado en los últimos años.

A la vista de este análisis, parece que la empresa debería emprender acciones encaminadas a aumentar el **control del gasto** — especialmente en el área de proyectos— y las **inversiones**, mejorando al mismo tiempo la inversión en **maquinaria**. Esto tendría un impacto directo en la mejora de los **plazos de entrega**, que han empeorado en los últimos tiempos y han hecho merecedora a la empresa de una — merecida— fama de “lenta”, lo que puede haber sido una de las causas

de la pérdida de clientes. Transversalmente se encuentra el hecho de que los **salarios** están “congelados”, no solo es consecuencia de la situación de la empresa sino que también forma parte del problema (al generar cierta desmotivación en el personal que desemboca en la baja productividad).

5.7. CONCLUSIONES

El diagrama de relaciones permite, una vez agrupadas las tarjetas por afinidades, establecer relaciones entre ellas, de manera que se pueda profundizar algo más en el análisis de las causas potenciales que pueden estar produciendo un problema concreto.

Es un método sencillo e intuitivo aunque bastante subjetivo pues depende de la percepción de los miembros del equipo de trabajo. La objetividad se maximiza cuanto mayor sea la participación de todos ellos y el sesgo aumenta si solo uno o dos personas “pintan flechas”. Conseguir esto último es labor del coordinador del equipo.

CAPÍTULO 6.

DIAGRAMA DE ÁRBOL

6.1. INTRODUCCIÓN

El **diagrama de árbol** es una herramienta que representa gráficamente todos los posibles resultados de un suceso siempre que estos sean un número concreto y finito. Se suele utilizar para cálculos de probabilidad.



Ejemplo de diagrama de árbol aplicado al ámbito del marketing

Su nombre es debido a la forma que adquiere el diagrama, en el que cada posibilidad se representa con una "rama". Las primeras posibilidades o ramas, se denominan ramas de primera generación o de **primer nivel** (o causas, si estamos analizando las posibles causas de un problema), de las cuales a su vez pueden partir otras ramas o ramas de segunda generación o segundo nivel y así sucesivamente.

Aplicado al análisis y resolución de problemas, el diagrama de árbol

puede emplearse como medio para identificar las relaciones entre un suceso y los elementos que influyen en su ocurrencia. En el ejemplo que se muestra a continuación, el suceso es un objetivo de mejora de una organización “mejorar las ventas”.



Ejemplo de diagrama de árbol

En este capítulo, analizaremos su uso como herramienta en el análisis de causas y resolución de problemas.

6.2. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE APLICAR LA HERRAMIENTA

El diagrama de árbol es una herramienta sencilla de emplear al análisis de causas pero con evidentes limitaciones, comunes a la mayoría de herramientas de gestión y análisis de problemas:

- Las causas identificadas están limitadas por el conocimiento que los participantes tengan sobre el problema analizado.
- La subjetividad: diferentes equipos de trabajo llegan a diferentes diagramas de árbol aun partiendo de la misma información.

Aun así, la **simplicidad** de la técnica y sus buenos y rápidos resultados, la hacen muy recomendable para equipos de trabajo o círculos de calidad en el proceso de identificación y análisis de causas.

Disponer de información completa y veraz así como un equipo de trabajo bien constituido y multidisciplinar, y un coordinador de grupo eficaz, consiguen eliminar la mayoría de sus desventajas anteriormente descritas.

6.3. EL EQUIPO DE TRABAJO

Como se comenta en el apartado anterior, el equipo debe estar compuesto por personas de la organización con buena formación y conocimiento del problema a analizar así como buen conocimiento de la organización y su entorno.

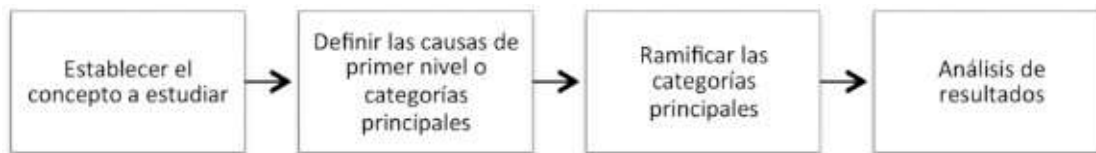
Se debe ser consciente de que el diagrama llegará hasta el máximo nivel de conocimiento que los participantes en su elaboración puedan aportar y que pueden existir causas raíz que no lleguen a aparecer debido al desconocimiento que el equipo tenga sobre ellas. También es recomendable que el equipo integre personas de diferentes áreas, como producción, administración, compras, ventas, mantenimiento, atención al cliente...

6.4. LOS RECURSOS

Basta con disponer de un tablero y rotuladores adecuados para escribir en él. Por lo demás, como en anteriores ocasiones, una sala cómoda en la que el equipo pueda trabajar con tranquilidad y sin interrupciones.

6.5. LA SISTEMÁTICA DE APLICACIÓN

Un diagrama de árbol se debe realizar de la forma siguiente:



Metodología de elaboración del diagrama de árbol

6.5.1. Descripción del concepto a estudiar

En primer lugar, como ocurre en el resto de las herramientas de gestión, se debe dedicar un momento a establecer con claridad cuál es el concepto que va a ser el núcleo y origen del diagrama —sea un objetivo de calidad a alcanzar, un problema a analizar o cualquier otra situación— de manera que no existan dudas ni ambigüedades sobre lo que se quiere alcanzar con la elaboración del diagrama y los resultados obtenidos sean válidos.

6.5.2. Definir las causas de primer nivel o categorías principales

Una vez se tiene claro el origen del árbol, se comienza con la definición de las ramas de primernivel que serán el punto de origen de las ramas de segundo nivel y así sucesivamente.

Si lo que se está analizando es un problema, una metodología útil para identificar esas primeras categorías puede ser el método de los “5 ¿por qué...?”.

La técnica de los **5 ¿por qué...?** Es una técnica para realizar preguntas iterativas para profundizar en las relaciones causa-efecto en un problema concreto. El objetivo último es intentar llevar a la causa raíz del problema repitiendo la pregunta ¿por qué...? a cada respuesta proporcionada a la pregunta anterior. Esta técnica fue desarrollada originalmente por **Sakichi Toyada**, y empleada en el área de producción de la empresa de motores **Toyota Motor Corporation**. Actualmente esta metodología forma parte de sistemas de gestión y mejora de la calidad como **Kaizen**, **Lean Manufacturing** o **Six Sigma**.

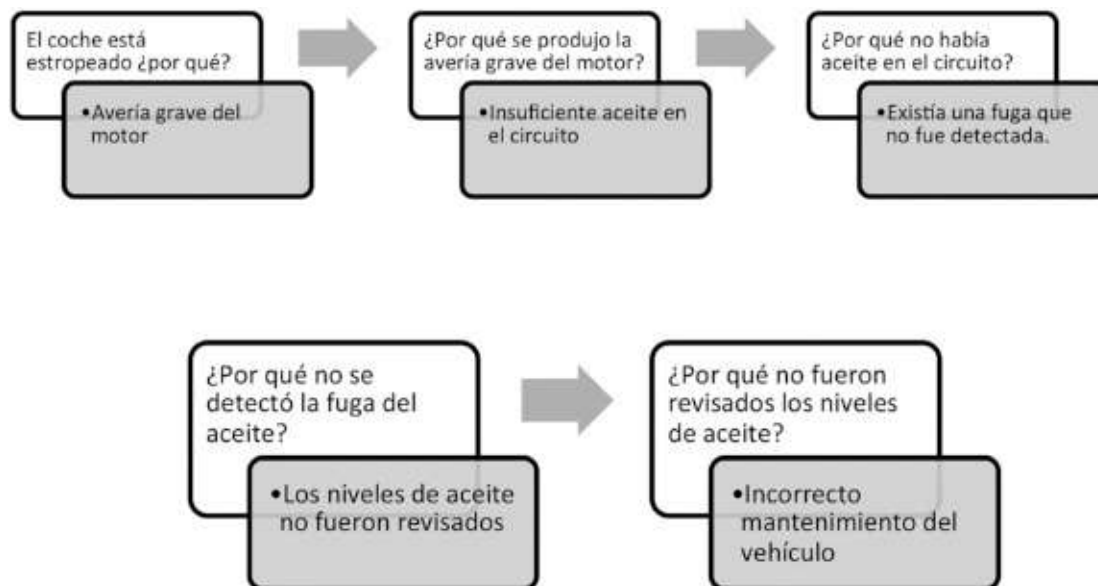
6.5.3. Ramificar las categorías principales

Siguiendo el método descrito en el apartado anterior, se va construyendo la ramificación del árbol.

No existe límite en el número de ramas ni de ramificaciones. El equipo puede construir el árbol hasta el límite máximo que le permitan sus conocimientos e información sobre el problema y sobre la organización. Por ese motivo es importante que los miembros del equipo sean conocedores del mismo.

No obstante, el proceso de iteración suele detenerse cuando el elemento causante es un proceso que, o no está funcionando correctamente o no existe. Esto es importante pues es preferible buscar las causas del problema en un **proceso** que en una persona o una circunstancia concreta que escapa del control de la organización.

En el ejemplo siguiente, se intenta averiguar la causa raíz de un problema habitual... la **avería de un vehículo**:



Método de los 5 ¿por qué...? aplicado al análisis de un problema

En la respuesta al quinto ¿por qué...? hemos alcanzado el proceso (en este caso, el proceso de mantenimiento del vehículo). A partir de ese momento, la pregunta debería ser **¿por qué falló el proceso...?** Las respuestas a una pregunta de este tipo suelen ser siempre las mismas: falta de **sistemática**, falta de **formación/experiencia** del personal, falta

de **recursos**... y son fácilmente controlables por la organización.

6.5.4. Análisis de resultados

El resultado final del diagrama de árbol es un conjunto de elementos que potencialmente pueden haber sido causa o causas del problema.

Cada **causa potencial** es una **potencial solución**. Lo ideal es contar con datos objetivos que permitan establecer la probabilidad de ocurrencia de cada una de ellas para poder desestimar las que tengan menos probabilidad y centrar la inversión de recursos en las más probables. En caso contrario, al diagrama de árbol debe seguir un ejercicio de evaluación de las posibles causas que permita establecer algún tipo de priorización a la hora de diseñar un plan de acciones. Se pueden plantear preguntas del tipo ***¿Se pueden eliminar todas las causas?, ¿Cuáles son las más viables económicamente? ¿Las soluciones son sostenibles a largo plazo?...***

6.6. EL EJEMPLO PRÁCTICO

Seguimos trabajando con el ejemplo de los capítulos 4 y 5, por lo que no volveremos a describir la empresa ni el problema en que está inmersa, a estas alturas, bien conocido por el equipo.

- ***Situación de partida***

Recordemos cómo va el análisis: el equipo ha participado en un par de sesiones, en las que se ha elaborado un diagrama de afinidad (ver capítulo 5) y un diagrama de relaciones (ver capítulo 6) para intentar averiguar las causas que llevan a la baja productividad de la empresa.

En la última sesión, llegaron a la conclusión de que uno de los aspectos con mayor impacto en el problema es la falta de planificación y control en el gasto (el origen fue una tarjeta con el texto *"Se gasta dinero en tonterías y luego no hay para lo importante"*).

El responsable del sistema de gestión y coordinador del grupo de trabajo, convoca una nueva reunión para profundizar en el análisis de causas del problema, trabajando en concreto sobre este comentario.

En esta ocasión, y como novedad respecto de las reuniones anteriores, el responsable del sistema de gestión decide invitar a un nuevo miembro al equipo: el Director General.

El Director General lleva relativamente poco tiempo en el cargo (es el hijo del anterior Director General y dueño de la empresa) pero la conoce a la perfección.

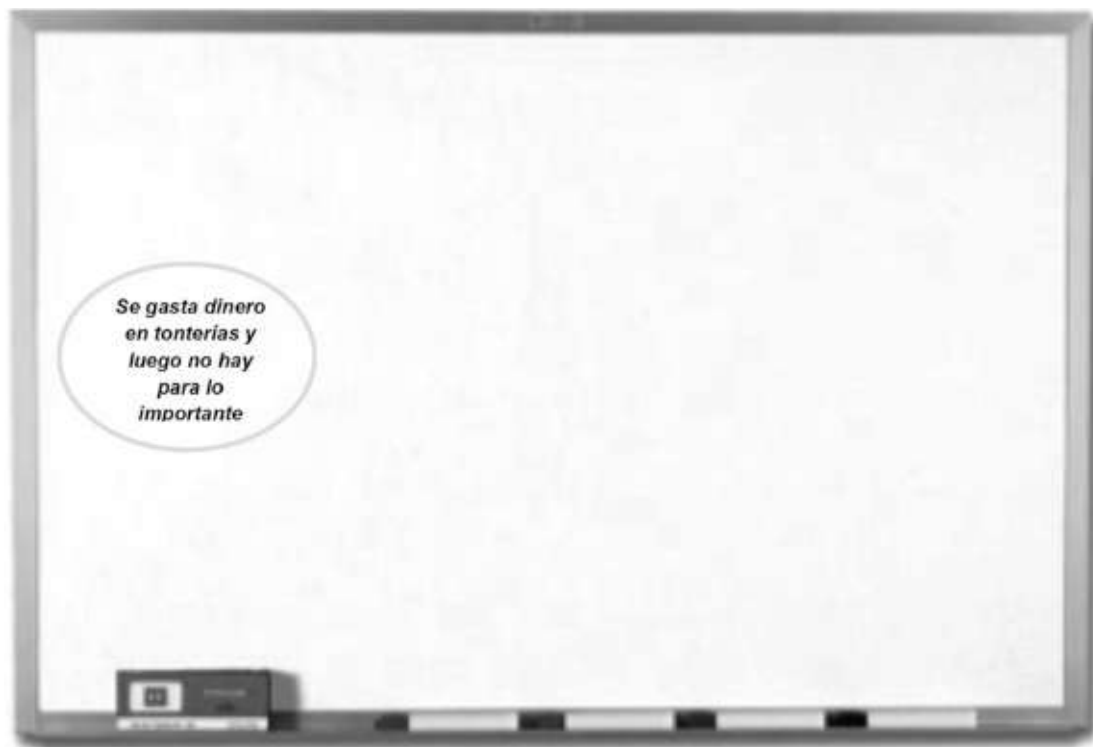


Equipo de trabajo

- **Proceso**

El responsable del sistema comenzó describiendo los objetivos de la reunión. Todos conocían sobradamente el problema a analizar y el Director General había sido informado previamente del desarrollo y resultado de las reuniones previas.

Se decide elaborar un diagrama de árbol de formato “clásico”, colocando a la izquierda del tablero el problema y avanzando hacia la derecha en la ramificación.



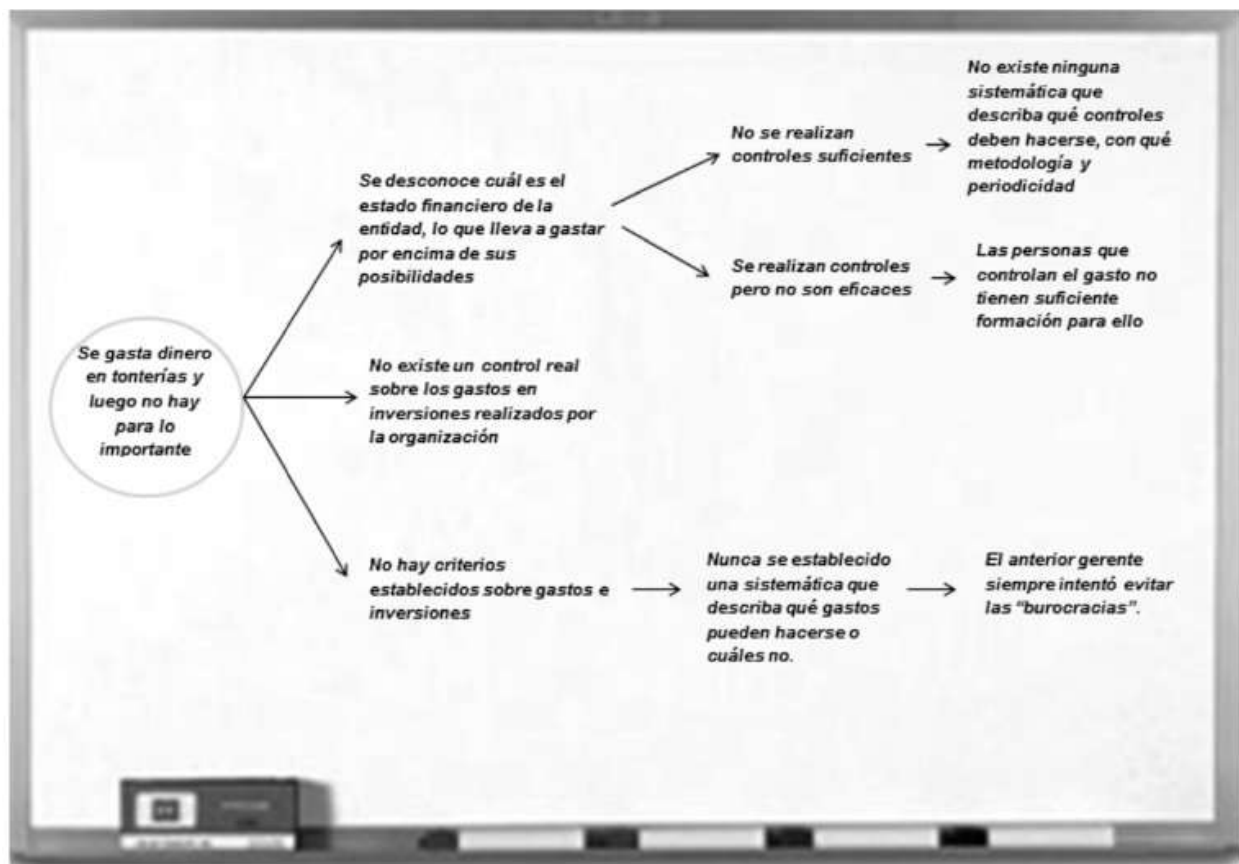
Origen del diagrama

A partir de este punto, el responsable del sistema —y coordinador del grupo— establece la siguiente regla: todos deben participar activamente en la aportación de ideas, pero solo él escribirá en la pizarra aquellas que obtengan un mínimo de consenso de los miembros del equipo (al menos tres personas deben estar de acuerdo). De esa forma fomenta la discusión y el consenso entre los participantes.

Se decide que aplicarán la técnica de los 5 *¿por qué...?* para intentar llegar a la causa o causas raíces del problema.

- ***Resultado***

El resultado se muestra en la página siguiente.



Finalmente, el diagrama se acaba tras tres rondas de “¿por qué...?”. Una de las categorías principales finalmente no se desglosa al entender el equipo que las causas realmente significativas son la primera y la tercera.

Al profundizar en el análisis, se comprueba que la causa principal parece ser la carencia total de una sistemática para el control de gastos, derivados de una antigua gerencia algo “alérgica” a los procedimientos e instrucciones. No existen criterios claros sobre gastos e inversiones que lleva a un gasto poco acertado y un desconocimiento sobre el estado financiero real de la organización.

La participación del actual Director General ha sido decisiva al avalar todas las conclusiones a las que llega el equipo de trabajo. De hecho, como primera acción de mejora decide elaborar, junto con el personal de administración y compras, un procedimiento que establezca directrices claras para la gestión de los gastos, las compras y las inversiones así como sobre los controles periódicos a realizar para asegurar la viabilidad

económica de la empresa.

En paralelo, mejorar la formación del personal de gestión sobre control de finanzas será también otra acción llevar a cabo para mejorar la gestión global de la empresa.

6.7. CONCLUSIONES

El diagrama de árbol como herramienta de análisis de problemas es tan eficaz como amplio sea el conocimiento que tiene la organización sobre el problema y sobre ella misma.

Es muy visual y ofrece un resultado muy estructurado, y permite alcanzar todo el grado de detalle posible —para el equipo de trabajo— sobre el problema y sus posibles causas lo que permite traducirlo rápidamente en acciones de mejora altamente operativas.

En el apartado negativo, el diagrama de árbol puede presentar un exceso de soluciones que la empresa de las cuales no siempre se conocerá cuál ofrece mayor posibilidades de éxito; en la mayoría de las ocasiones, la empresa no podrá abordarlas en su totalidad y deberá seleccionar las óptimas tras una evaluación complementaria de su coste y viabilidad... no obstante, veremos más adelante herramientas que les permitirán realizar dicha priorización y selección.

CAPÍTULO 7.

DIAGRAMA DE MATRIZ

7.1. INTRODUCCIÓN

El **diagrama de matriz** permite de forma muy intuitiva relacionar ideas o conceptos, causas y efectos, acciones y objetivos y entre cualesquiera grupos de datos en forma de tabla.

Pueden presentar varias configuraciones, pero la más habitual es la que muestra uno de los grupos de datos en forma de filas y el otro, de columnas. Se denomina **configuración en L**.

		Grupo de características B					
		B1	B2	B3	B4	B5	B6
Grupo de características A	A1						
	A2						
	A3						
	A4						
	A5						
	A6						
	A7						
	A8						
	A9						
	A10						

Ejemplo de diagrama matriz en L

No existe ninguna restricción en el número de elementos que componen los distintos grupos, pueden ser similares o diverger.

En el ejemplo que se muestra a continuación, se refleja la relación entre distintos puestos de trabajo y su acceso a determinados documentos en un laboratorio de ensayos.

		Puestos de trabajo			
		Director General	Director Técnico	Jefe de Finanzas	Técnicos de laboratorio
Documentos	Política de Calidad	●●	●	○	○
	Manual de Calidad	●	●	○	○
	Plan de Negocio	●●	○	●	
	Protocolos de ensayo	○	●●		●

	Sin acceso
○	Consulta
●	consulta y descarga
●●	Consulta, descarga y modificación

Ejemplo de diagrama matriz en L

Si en lugar de comparar dos grupos de datos, el objetivo es más ambicioso, también se pueden encontrar diagramas de matriz en X o en T como los que se muestran a continuación. Los diagramas en T permiten evaluar simultáneamente tres grupos de datos y los diagramas en X, hasta cuatro grupos de datos.

A1						
A2						
A3						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
B1						
B2						
B3						

Ejemplo de diagrama matriz en T

			A1			
			A2			
			A3			
D1	D2	D3		C1	C2	C3
			B1			
			B2			
			B3			

Ejemplo de diagrama matriz en X

Las matrices tipo T, combinan dos matrices tipo L y las matrices tipo X, combinan cuatro matrices tipo L.

La existencia o no de la relación entre los distintos factores se representa mediante un símbolo en la casilla de la matriz en la que confluyen ambos factores. La intensidad de la relación puede reflejarse empleando diferentes símbolos otorgando un valor numérico a cada símbolo.

Los más utilizados se muestran a continuación:

●	Fuerte	5
●	Moderado	3
▲	Debil	2
	Inexistente	0

Símbolos utilizados en el diagrama de matriz

No obstante, la organización puede utilizar cualquier otra simbología para identificar las relaciones, que le resulte más cómoda o más clara para el equipo de trabajo.

Por ejemplo, en el diagrama que se muestra a continuación, la relación entre los factores se visualiza coloreando la casilla correspondiente: a más intensidad, más relación entre ellos. Donde no se ha coloreado, significa que no existe ninguna relación.

		Grupo de características B					
		B1	B2	B3	B4	B5	B6
Grupo de características A	A1						
	A2						
	A3						
	A4						
	A5						
	A6						

	Sin relación
	Relación débil
	Relación media
	Relación intensa

Ejemplo de diagrama de matriz

7.2. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE APLICAR LA HERRAMIENTA

El diagrama de matriz es útil porque permite establecer relaciones y puntos de conexión entre grupos de datos de forma muy sencilla e intuitiva, si bien bastante básica.

En ocasiones, se emplea después de realizar un diagrama de árbol, donde los conjuntos a comparar serán los resultantes del último nivel de detalle. De esta forma se identificarán las relaciones existentes entre las distintas causas raíz y la intensidad de las mismas.

7.3. EL EQUIPO DE TRABAJO

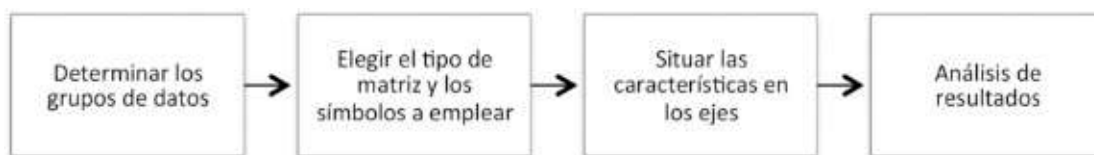
Los integrantes del equipo de trabajo deben ser personas comprometidas con el asunto a analizar y disponer de los recursos e información necesaria para ello.

7.4. LOS RECURSOS

Como en casos anteriores, no se requieren de recursos especiales más allá de un tablero y rotuladores adecuados para escribir en él.

7.5. LA SISTEMÁTICA DE APLICACIÓN

Un diagrama de árbol se debe realizar de la forma siguiente:



Elaboración de diagrama matriz

7.5.1. Determinar los grupos de datos

En primer lugar, como ocurre en todas los procesos de aplicación de herramientas que hemos visto, se debe describir la situación de partida. En este caso, cuáles son los grupos de datos que se van a comparar y cuáles son los elementos que forman parte de cada grupo.

7.5.2. Elegir el tipo de matriz y los símbolos a emplear

El tipo de matriz vendrá predefinido por el número de grupos que se van a comparar. Si se trata de dos grupos de datos, será suficiente una matriz en L. Si se analizan tres o cuatro grupos, será más adecuado una matriz en T o una matriz en X respectivamente.

A continuación se muestra un diagrama de matriz en X que muestra relaciones entre cuatro grupos de variables: estrategias, objetivos, metas y equipo.

OBJETIVO GLOBAL 2013				EQUIPO DE TRABAJO: XYZ													
				Estrategia A												Métrica A	
				Estrategia B												Métrica B	
				Estrategia C												Métrica C	
				Estrategia 1												Métrica 1	
				Estrategia 1.1												Métrica 1.1	
				Estrategia 2												Métrica 2	
				Estrategia 3												Métrica 3	
Meta A	Meta B	Meta C	Meta D	Estrategias		Objetivos		Equipo		Objetivo 1.1.1	Objetivo 1.1.2	Objetivo 1.1.3	Objetivo 2.1.1	Objetivo 2.2.2	Objetivo 3.1.1	Objetivo a.1.1	Objetivo B.1.1
				Equipo Ventas													
				Equipo Compras													
				Equipo Producción													
Impacto Alto																	
Impacto Medio																	
Impacto Bajo																	

Elaboración de diagrama matriz en X

7.5.3. Situar las características en los ejes

Cada grupo de ideas se escribe en un eje diferente. En el caso de ideas o conceptos de desarrollo más largo, lo más cómodo para elaborar el gráfico es asignarles unos códigos para que las dimensiones finales de la matriz sean manejables (ver el caso práctico).

Si las ideas o conceptos son breves, se pueden escribir directamente en la tabla, pues así se facilita la labor al equipo de trabajo encargado de establecer después las relaciones entre ellas.

De no ser así, se debe disponer al lado de la matriz un cuadro en el que se relacione los códigos con su significado.

7.5.4. Análisis de resultados

Una vez finalizado el diagrama, se debe observar si existen

relaciones entre unos elementos y otros así como la intensidad de las mismas.

Si lo que se está evaluando son causas de problemas, esto ayudará a comprender que acciones emprendidas para eliminar unas causas pueden también impactar sobre otras al mismo tiempo.

Un ejemplo clásico de diagrama matricial es el que se establece cuando se estudian las posibles causas que generan un problema global en la población. Las categorías suelen ser casi siempre las mismas (factores ambientales, factores educacionales, hábitos alimenticios...).

Por ejemplo, en el diagrama que se muestra a continuación se analizan las relaciones existentes entre los distintos factores que tienen impacto en el aumento de la obesidad en la población mundial.

C	c3	▲		●
	c2	●	●	▲
	c1	●	▲	●
A		a1	a2	a3
B	b3	●	●	▲
	b2	●	●	●
	b1	●	●	●

Factor	Variables
Alimentación (A)	1. Comer bien 2. Malos hábitos 3. Nutriólogo (visita)
Enfermedades (B)	1. Diabetes 2. Colesterol 3. Enfermedades de hipertensión
Ejercicios (C)	1. GYM 2. Ejercicio en espacios públicos 3. Inscripción a un club

Elaboración de diagrama matriz

7.6. EL EJEMPLO PRÁCTICO

En esta ocasión, el equipo de trabajo de la reunión descrita en el capítulo 6 —cuya misión fue elaborar un diagrama de árbol— tiene por nuevo objetivo establecer relaciones entre las causas raíz del problema evaluado en dicha ocasión mediante un diagrama de matriz.

- ***Situación de partida***

El diagrama del que se parte es el obtenido en el ejemplo del capítulo

anterior:



Diagrama de árbol del capítulo anterior

Según este diagrama, se establecieron dos categorías de datos:

Categoría A (desconocimiento del estado financiero)	Categoría B (Falta de criterio)
A1 No existe sistemática de control	B1 El anterior gerente evitó "burocracias" en la gestión
A2 Las personas no tienen suficiente formación	

Categorías

- **Proceso**

El responsable del sistema pintó la tabla, colocando las tres causas raíz en las filas y columnas. Se acordó identificar las relaciones con los siguientes símbolos:

	Sin relación
○	Relación débil
●	Relación fuerte

	Categoría A	
	A1	A2
B1	●	○

Diagrama de Matriz

- **Resultado**

Todo el equipo de trabajo estuvo de acuerdo que la política de “poca burocracia” de la anterior Gerencia está directamente relacionada con el hecho de que no exista ninguna sistemática de control del gasto en la entidad, mientras que no existe una relación tan clara con que las personas involucradas en la gestión no tengan la formación adecuada.

El hecho de que la nueva Dirección General haya abandonado ese enfoque y apuesta por un sistema de gestión hace que al menos, una de las causas del problema haya sido eliminada (aunque no sus consecuencias).

7.7. CONCLUSIONES

El diagrama de matriz es una herramienta útil para ordenar grandes grupos de ideas de manera que se representan gráficamente las conexiones existentes entre ellas. Su sencillez hace que sea muy utilizada, tanto en su versión más sencilla (en L) como las más complejas (en T y en X) para identificar la existencia de relaciones entre elementos de distintos grupos, así como mostrar la fuerza o intensidad de dichas relaciones.

CAPÍTULO 8.

MATRIZ DE PRIORIZACIÓN

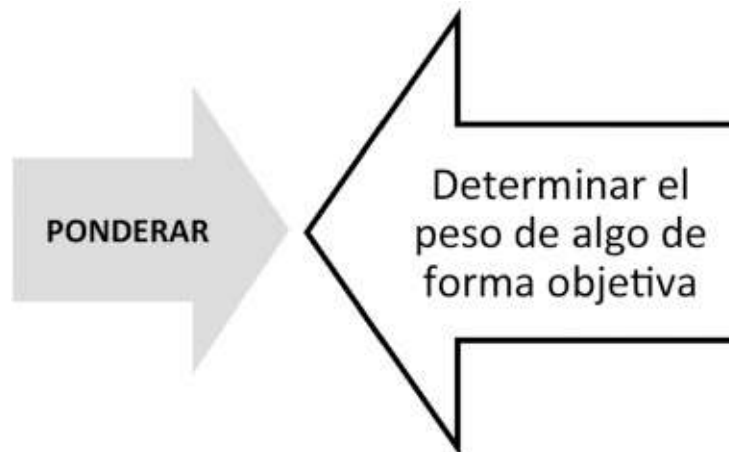
8.1. INTRODUCCIÓN

En capítulos anteriores hemos visto varias herramientas que permiten identificar muchas potenciales soluciones para problemas concretos, pero que en muchas ocasiones deben ser complementadas con otros análisis que permitan establecer algún tipo de priorización entre las soluciones posibles y decidir cuáles son las óptimas, pues los recursos de la organización suelen ser limitados e insuficientes para abordarlas todas.

Además, rara vez existe una única solución o alternativa capaz de eliminar todas las causas raíz que sea claramente mejor que las demás, sino que unas soluciones son mejores o peores que otras según qué criterios se tengan en cuenta.

Por ejemplo, una solución a un problema de calidad del diseño de un producto con alto impacto en la **satisfacción del cliente** puede ser muy poco adecuada por su **alto coste** o su **inviabilidad técnica**.

La **matriz de priorización** (también denominada matriz de criterios o matriz multicriterio) es una herramienta que permite la selección de opciones en base a una **ponderación** de las mismas.



Esta herramienta debe ser aplicada necesariamente después de haber obtenido las opciones sobre las cuales se desea decidir (por ejemplo, tras haber construido un **diagrama de árbol**) y una vez que

conocemos el valor del peso o ponderación de cada una de ellas.

La matriz de priorización resume la evaluación de cada alternativa conforme a cada criterio. La escala de medidas de las evaluaciones puede ser cuantitativa o cualitativa, y las medidas pueden expresarse en una escala cardinal, ordinal, nominal o probabilística.

8.2. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE APLICAR LA HERRAMIENTA

Las matrices de priorización son excelentes como complemento a las herramientas específicas de análisis de problemas e identificación de posibles soluciones, pues permiten al equipo de trabajo evaluar todas las posibles acciones a emprender y hacer una selección respecto de criterios objetivos.

El único momento crítico se produce en el momento de establecer los criterios de ponderación, que deben ser adecuados a la situación que se desea mejorar y también a la propia organización. Es importante que los criterios de ponderación estén soportados por información y datos objetivos (mediciones, indicadores...) más allá de la valoración subjetiva del equipo de trabajo que participa en la elaboración de la matriz de priorización.

8.3. EL EQUIPO DE TRABAJO

No existen grandes diferencias con los equipos de trabajo descritos en anteriores capítulos: personas comprometidas, con un buen conocimiento tanto del problema como de la propia organización, con voluntad de mejora y facilidad de trabajo en equipo.

8.4. LOS RECURSOS

Como en casos anteriores, no se requieren de recursos especiales más allá de un tablero y rotuladores adecuados para escribir en él.

8.5. LA SISTEMÁTICA DE APLICACIÓN

Dependiendo de lo complejo que sea el asunto a valorar, la profundidad del análisis que se quiera alcanzar y la formación del propio equipo de trabajo, existen dos formas diferentes de abordar la construcción de una matriz de aplicación.

- a) **El Método del Criterio Analítico Completo.**
- b) **El Método del Consenso de Criterios.**

El **Método del Criterio Analítico Completo** es, sin duda, el más complejo de los dos (y también el más riguroso) y por tanto, el más costoso. Es muy similar al Proceso analítico de Jerarquización (***Analytic Hierarchy Process, AHP***) de Thomas L. Saaty. Su alto grado de dificultad solo lo hacen recomendable cuando la situación que se está valorando es realmente crítica y cuando las personas que participen en su elaboración tengan ya una cierta experiencia en ellos.

Ambos están basados en el uso de matrices en L en el que las alternativas se colocan en las filas, y los criterios se colocan en las columnas de la misma matriz.

Las diferencias estriban en la sistemática de ponderación de los criterios (es decir, la importancia relativa de un criterio respecto de otro), que en el primer caso se hace mediante una estimación matemática de la preponderancia de un criterio sobre los demás, mientras que en el segundo caso, se hace mediante el acuerdo general o consenso del grupo de trabajo, que les asigna distintos valores según su importancia.

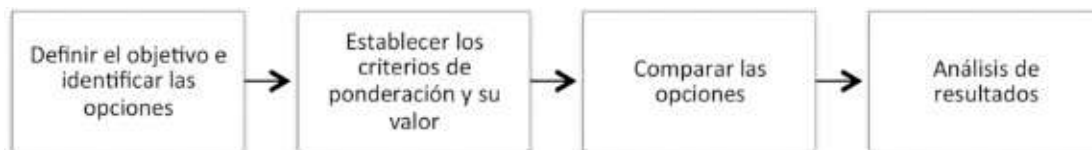
También es diferente la sistemática de comparación de las distintas alternativas. En el primer caso, se debe llevar a cabo una **comparación sistemática de cada opción con el resto** —lo que, en el caso de disponer de varias alternativas, alarga bastante el análisis—, mientras que en el segundo caso, las opciones se ordenan como un grupo.

ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN	CRITERIOS				VALORACIÓN DE LA ALTERNATIVA
	¿Elimina o controla las causas?	¿Mejora la satisfacción de los usuarios/as?	¿Requiere pocos recursos?	¿Es fácil de implementar?	

Esquema de matriz de priorización

El método que proponemos en este capítulo, es una simplificación del método del criterio analítico completo que integra la estimación de la ponderación de los criterios de forma matemática, que entendemos más rigurosa que la que propone el método del consenso de criterios, pero aligeramos el análisis y no comparamos las alternativas sistemáticamente entre sí —para cada uno de los criterios— sino que proponemos un método más cercano a la técnica de grupo nominal en la que, en lugar de limitarse a ordenar las opciones, cada miembro del equipo les otorga una puntuación (de 0 a 10, por ejemplo). Este método nos parece más sencillo de llevar a cabo por personal no avezado en este tipo de análisis y está más alineado con el espíritu de sencillez de las “7 herramientas”.

Según esta metodología, la matriz de priorización se debe realizaría de la forma siguiente:



Elaboración de matriz de priorización

8.5.1. Definir el objetivo e identificar las opciones

Como se comentó al principio, lo usual es aplicar la matriz de priorización cuando se dispone de un grupo de opciones obtenido a través de otras herramientas (*Brainstorming*, Diagrama causa-efecto...). Si no es así, debe existir un proceso previo en el que el grupo de trabajo identifique cuáles son las opciones que se quieren someter a análisis.

8.5.2. Establecer los criterios de ponderación y su valor

Este paso es el más importante pues en función de los criterios de ponderación establecidos y de su valor, se obtendrán unos resultados u otros.

Los criterios de ponderación deben ser elegidos por consenso de todo el grupo. Deben estar muy bien definidos para que su significado no genere dudas de ningún tipo a los miembros del equipo.

Al elegir los criterios de ponderación, se debe tener siempre en cuenta cuál es el objetivo que se desea alcanzar (eliminar las causas del problema, mejorar la calidad del producto, aumentar la satisfacción del cliente...) para establecer criterios coherentes con dicho objetivo. Cuantos más criterios se empleen en la valoración de las opciones, mejores resultados se obtendrán de la matriz. Se recomienda que el número de criterios oscile entre cuatro y seis.

La valoración de los criterios puede ser **cualitativa** (ALTO, MEDIO, BAJO) o **cuantitativa** (con valores absolutos o porcentuales).

Algunos criterios de ponderación empleados habitualmente en matrices de priorización son: **coste**, **viabilidad técnica**, **sostenibilidad**, **simplicidad**, retorno de la inversión, impacto en la **calidad** del producto/servicio, impacto en la **satisfacción** del cliente/usuario.

Una vez identificados los criterios de ponderación, existen dos alternativas:

1. Establecer la valoración de cada criterio, con independencia de los demás y proceder a valorar las alternativas una a una.

Volvamos al problema **“coche averiado”** que vimos en un capítulo anterior y supongamos que el dueño del vehículo y conductor habitual del mismo quiere tomar una decisión aplicando la metodología que acabamos de describir.

Para ello dispone de 3 posibles soluciones para las que ha establecido 4 criterios de ponderación en los que la escala de calificación va entre 1 y 10, siendo la puntuación más baja cuanto peor sea el impacto de la alternativa respecto del criterio y la puntuación más alta, cuanto mejor sea el impacto de la alternativa respecto del criterio.

Por tanto, la opción con más impacto en la economía es la peor para la familia y se puntuaría con un 1, mientras que la opción con menos impacto en la economía familiar es la que finalmente se puntúa con un 10. Sin embargo, las opciones con mayor impacto en la satisfacción y más sostenibles son las puntuadas con el 10, mientras que las que tienen menos impacto en la satisfacción y son menos sostenibles, son las peor puntuadas.

La matriz que se muestra a continuación describe las opciones a priorizar en las columnas (en vertical) y los criterios para tomar la decisión en las la fila superior (en horizontal). Las flechas indican el orden en que se va realizando la asignación de puntuaciones al calificar cada opción respecto de cada criterio.

	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Total
SOLUCIÓN 1					
SOLUCIÓN 2					
SOLUCIÓN 3					

CRITERIOS	
Criterio 1	Impacto en la economía
Criterio 2	Satisfacción del conductor habitual
Criterio 3	Satisfacción de su familia
Criterio 4	Sostenibilidad en el medio y largo plazo

SOLUCIONES	
SOLUCIÓN 1	Comprar un coche nuevo
SOLUCIÓN 2	Reparar el coche
SOLUCIÓN 3	Buscar alternativas en transporte público

Construcción de la matriz de priorización

El resultado es el siguiente:

	Impacto en la economía	Satisfacción conductor habitual	Satisfacción familia	Sostenibilidad	Total
Comprar un coche nuevo	1	10	7	10	700
Reparar el coche	5	5	7	8	1.400
Usar transporte público	10	1	1	2	20

Matriz de priorización

El total se obtiene multiplicando el valor de todos los resultados parciales.

A la vista de estos resultados, está claro que la **reparación del**

coche es la opción con más puntuación seguido a bastante distancia de la opción de comprarlo...

Pero pensemos una cosa *¿tiene el mismo peso para esta familia el impacto que la solución tenga en su economía que la sostenibilidad de la solución en el medio y largo plazo? ¿Tiene el mismo valor la mejora de la satisfacción del conductor habitual que la mejora de la satisfacción de toda la familia al completo?* Probablemente la respuesta a ambas preguntas sea no, y esto nos lleva a la segunda posibilidad, que consiste en asignar distintos pesos a los criterios.

2. Establecer distintos pesos para los criterios de ponderación.

En esta segunda opción **se confrontan** los unos con los otros, para establecer su valor relativo, esto es: **cuánto más importante es un criterio respecto de los otros.**

Para ello se construye una tabla como la que se muestra a continuación en la que los criterios se comparan dos a dos. La matriz se completa leyendo la tabla horizontalmente y respondiendo a la pregunta: *¿es el criterio de la fila más importante que el de la columna?*

Establezcamos tres posibles puntuaciones en función del grado de importancia relativa entre uno y otro:

Hay cierta prevalencia
Prevalece moderadamente
Prevalece intensamente

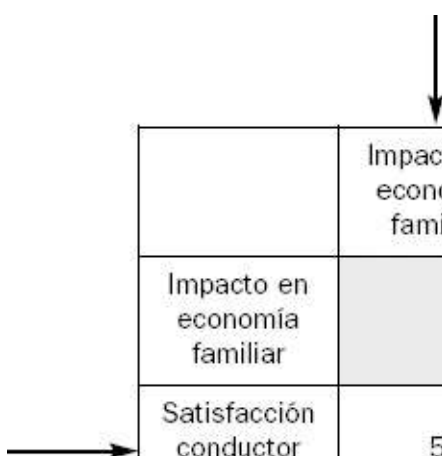
Puntuación de criterios

Según esto, comenzaríamos comparando el criterio Impacto en economía familiar con todos los demás:

*¿Es el criterio **Impacto en economía familiar** más importante que el criterio **Impacto en la satisfacción usuario**?*

Para esta familia, claramente sí. La decisión es que el impacto que la

decisión tenga sobre la economía familiar prevalece intensamente sobre la satisfacción del usuario habitual. Por tanto, en la casilla correspondiente se coloca un 5.



	Impacto en economía familiar	Satisfacción conductor habitual	Satisfacción familia	Sostenibilidad
Impacto en economía familiar				
Satisfacción conductor habitual	5			
Satisfacción familia				
Sostenibilidad				

Ponderación de criterios

Ahora la comparación es con el segundo elemento de la columna:

¿Es el criterio ***Impacto en economía familiar*** más ***importante*** que el criterio ***Impacto en la satisfacción de la familia***?

En este caso, el impacto en economía familiar sigue prevaleciendo sobre el impacto en la satisfacción de la familia, aunque no de forma tan intensa como en la comparación anterior. Por tanto, se le otorga la puntuación 3.



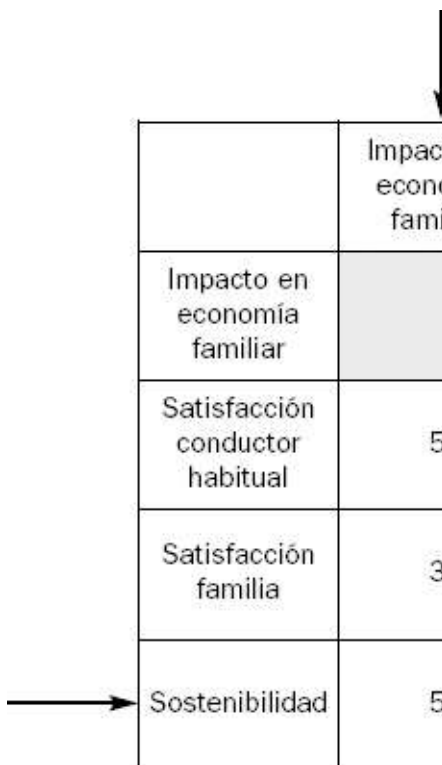
	Impacto en economía familiar	Satisfacción conductor habitual	Satisfacción familia	Sostenibilidad
Impacto en economía familiar				
Satisfacción conductor habitual	5			
Satisfacción familia	3			
Sostenibilidad				

Ponderación de criterios

La siguiente comparación sería con el último elemento de la columna:

¿Es el criterio ***Impacto en economía familiar*** más ***importante*** que el criterio ***Sostenibilidad***?

Nuevamente para esta familia, el impacto en la economía familiar prevalece mucho más que la sostenibilidad de la solución finalmente elegida, por lo que la puntuación vuelve a ser 5.



	Impacto en economía familiar	Satisfacción conductor habitual	Satisfacción familia	Sostenibilidad
Impacto en economía familiar				
Satisfacción conductor habitual	5			
Satisfacción familia	3			
Sostenibilidad	5			

Ponderación de criterios

Una vez finalizada la comparación entre el primer elemento de la fila y todos los elementos de la columna, avanzaríamos un puesto en la fila y seguiríamos con la comparación, eso sí, entre elementos que no hayamos comparado antes.

Por ejemplo, el criterio Satisfacción del conductor habitual respecto del criterio Impacto en la economía familiar, lo hemos valorado anteriormente, por lo que dejaríamos ese campo en blanco e iríamos a la siguiente comparación:

*¿Es el criterio **Satisfacción conductor habitual** más **importante** que el criterio **Satisfacción familia**?*

Para la familia, la respuesta es no, al contrario, es justo al revés: el impacto en la satisfacción de la familia prevalece moderadamente sobre el impacto en la satisfacción del conductor habitual. Esto se refleja dejando el primer campo en blanco y reservando el 3 para la comparación Impacto satisfacción familia vs Impacto satisfacción conductor habitual. En esa misma columna, compararíamos el Impacto

en la satisfacción del conductor habitual respecto de la sostenibilidad... en la que el primer criterio prevalece muy levemente sobre el segundo, por lo que colocaríamos un 1 en la casilla correspondiente.



	Impacto en economía familiar	Satisfacción conductor habitual	Satisfacción familia	Sostenibilidad
Impacto en economía familiar		-	-	
Satisfacción conductor habitual	5			
Satisfacción familia	3	-		
Sostenibilidad	5	1		

Ponderación de criterios

Las comparaciones que nos restan por hacer son las correspondientes a Impacto en la satisfacción de la familia vs Impacto en la satisfacción conductor habitual (como vimos antes, puntuada con un 3) y el Impacto en la satisfacción de la familia vs Sostenibilidad, en la que la prevalencia también es moderada y puntuada con un 3.

↓

	Impacto en economía familiar	Satisfacción conductor habitual	Satisfacción familia	Sostenibilidad
Impacto en economía familiar		-	-	
→ Satisfacción conductor habitual	5		3	
Satisfacción familia	3	-		
→ Sostenibilidad	5	1	3	

Ponderación de criterios

Llegados a este punto, ya hemos comparado todos los criterios de ponderación entre sí. Las casillas que hemos dejado en blanco (las opuestas a las puntuadas con 1/3/5) se rellenan con el valor $1/p$ siendo p la puntuación que se haya otorgado en la comparación entre los criterios.

Se suman las puntuaciones de las columnas y de las filas y se obtienen los porcentajes correspondientes respecto del global. El resultado es el siguiente.

	Impacto en economía familiar	Satisfacción conductor habitual	Satisfacción familia	Sostenibilidad	TOTAL FILA
Impacto en economía familiar		1/5: 0,20	1/3: 0,34	1/5: 0,20	0,74
Satisfacción conductor habitual	5		3	1	9
Satisfacción familia	3	1/3: 0,34		1/3: 0,34	3,68
Sostenibilidad	5	1	3		9
TOTAL COLUMNA	13	1,54	6,34	1,54	22,42
%	0,58	0,07	0,28	0,07	1

Ponderación de criterios

Ordenado de mayor a menor y representando el “peso” de cada criterio en forma de porcentaje, tendríamos lo siguiente:

Criterio de ponderación	Peso relativo
Impacto en la economía familiar	58%
Impacto en la satisfacción de la familia	28%
Impacto en la satisfacción del conductor habitual	7%
Sostenibilidad	7%

Peso relativo de criterios

Si se vuelve a repetir el análisis pero teniendo en cuenta la ponderación de cada uno de los criterios, se obtienen los siguientes resultados:

	Impacto en economía familiar	Satisfacción conductor habitual	Satisfacción familia	Sostenibilidad	Total
VALOR PONDERADO	0,58	0,07	0,28	0,07	1
Comprar un coche nuevo	1	10	7	10	3,94
Reparar el coche	5	5	7	8	5,49
Usar transporte público	10	1	1	2	6,29

Matriz de priorización

Como se puede ver, el resultado de asignar una ponderación a los criterios cambia el resultado radicalmente, pues si bien en el primer caso la opción ganadora fue la de reparar el coche, ahora la alternativa óptima sería usar el transporte público (que fue la menos puntuada en el primer caso).

8.5.3. Comparar las opciones

Como se ha descrito ya en el apartado anterior, una vez disponemos de los criterios ponderados se somete cada una de las opciones existentes a la valoración, se multiplican las puntuaciones alcanzadas en cada criterio por su peso correspondiente, y se obtiene el total. Las alternativas que hayan alcanzado mayor puntuación son las elegidas. El resultado se puede mostrar en una tabla como el que acabamos de ver en el punto anterior.

La matriz de priorización que hemos obtenido, es el resultado de una única valoración, la del conductor habitual del vehículo. Pero ¿qué ocurre si **TODOS los miembros de la familia** quieren participar de forma independiente? En ese caso, debemos elaborar una matriz para cada criterio en la que figuren las puntuaciones de todos los miembros y sumar los resultados.

En la primera matriz que vamos a elaborar, cada miembro de la familia va a calificar (por separado), con una puntuación comprendida

***** DEMO - www.ebook-converter.com*****

entre 1 y 10, el impacto que tendría en la economía familiar de una de las opciones:

<i>Impacto en la economía familiar (0,58)</i>	Padre	Madre	Hijo	Total	Total ponderado
Comprar un coche nuevo	1	1	2	4	2,32
Reparar el coche	7	3	5	15	8,7
Usar transporte público	8	10	5	23	13,34

Matriz de priorización

En esta primera matriz se puede ver cómo los diferentes miembros de la familia tienen una **percepción distinta** del impacto que tendrá en la economía familiar cada una de las alternativas que se está valorando.

El resto de matrices ofrece estos resultados:

<i>Impacto en la satisfacción del conductor habitual (0,07)</i>	Padre	Madre	Hijo	Total	Total ponderado
Comprar un coche nuevo	10	7	10	27	1,89
Reparar el coche	5	6	8	19	1,33
Usar transporte público	0	3	1	4	0,28

Matriz de priorización

<i>Impacto en la satisfacción de toda la familia (0,28)</i>	Padre	Madre	Hijo	Total	Total ponderado
Comprar un coche nuevo	10	5	5	20	5,6
Reparar el coche	8	5	5	18	5,04
Usar transporte público	0	3	1	4	1,12

Matriz de priorización

<i>Sostenibilidad (0,07)</i>	Padre	Madre	Hijo	Total	Total ponderado
Comprar un coche nuevo	10	5	5	20	1,4
Reparar el coche	8	5	5	18	1,26
Usar transporte público	0	3	1	4	0,28

Matriz de priorización

Volcando de nuevo estos resultados en una matriz en L, los resultados serían los siguientes:

	Impacto economía familiar	Satisfacción conductor habitual	Satisfacción familia	Sostenibilidad	Total
Comprar un coche nuevo	2,32	1,89	5,6	1,4	11,21
Reparar el coche	8,7	1,33	5,04	1,26	16,33
Usar transporte público	13,34	0,28	1,12	0,28	15,02

Matriz de priorización

En este caso, la opción ganadora — pese a los esfuerzos del conductor habitual— es la reparación del coche, a corta distancia de la opción de usar el transporte público.

Como se puede ver en este último análisis, esta opción tiene sus bazas en su muy positivo impacto en la economía familiar unido al gran peso que tiene ese criterio, lo que le hace sumar muchos puntos... en contra, la baja aceptación que tiene esta opción especialmente en lo que se refiere a la satisfacción del conductor habitual y también en la de su familia.

Nuestra sugerencia para ellos, es que intentasen repetir el análisis con algún otro criterio más, que les permita tomar una decisión entre las dos alternativas más puntuadas.

8.5.4. Análisis de resultados

Los resultados son sencillos de analizar: las opciones que obtienen una mayor puntuación son aquellas que han sido mejor valoradas respecto de los criterios previamente definidos, y deberían ser las seleccionadas respecto de las peor puntuadas.

8.6. EL EJEMPLO PRÁCTICO

En esta ocasión, el equipo de trabajo que nos ha acompañado en capítulos anteriores tiene que tomar una decisión respecto de un problema concreto del todo inesperado (recuerden, ***“Houston, tenemos un problema...”***) que puede afectar de forma muy negativa al desempeño de la empresa si no se toma una solución rápida y eficaz. Veamos cuál es.

- ***Situación de partida***

El Jefe de Ventas ha presentado su dimisión súbita e irrevocable. En apenas dos semanas, uno de los puestos más importantes de la cadena de mando (es la mano derecha del Director General y trabajan habitualmente codo a codo) y con un impacto enorme en el funcionamiento del área comercial y ventas quedará vacante y la organización se enfrenta a cuatro alternativas diferentes:

a) El actual Director General asume las funciones y

***** DEMO - www.ebook-converter.com*****

responsabilidades del Jefe de Ventas.

- b) Se incorpora una nueva persona a la empresa en el puesto de Jefe de Ventas con experiencia y formación similar a la persona que causará baja.
- c) Se incorpora una nueva persona al puesto pero con una formación inferior y se le somete a una capacitación intensa interna a lo largo de seis meses por parte del Director General hasta que adquiera las competencias necesarias para desarrollar el puesto de trabajo.
- d) Se promociona a una persona de la propia organización al puesto.

Para valorar las distintas alternativas y poder llegar a seleccionar la óptima, el equipo de trabajo (en esta ocasión el Director General no participa) decide construir una matriz de priorización teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Impacto positivo en el funcionamiento de los procesos de venta.
- Impacto positivo en la valoración de los clientes externos.
- Impacto positivo en la motivación del personal interno.
- Impacto positivo en el presupuesto anual de la entidad

- **Proceso**

El primer paso es realizar la ponderación de los cuatro criterios, pues todo el equipo está de acuerdo en que no tienen el mismo peso ni el mismo valor relativo.

Para ello, se hace una matriz como la descrita en el apartado 8.5.2 2) y se otorgan las puntuaciones 1/3/5 vistas en el apartado mediante el consenso de todo el grupo.

Hay cierta prevalencia
Prevalece moderadamente
Prevalece intensamente

Puntuación de criterios

	Impacto funcionamiento procesos	Impacto valoración clientes	Impacto motivación personal	Impacto presupuesto anual	Total
Impacto funcionamiento procesos		3	1/3	1	4,3
Impacto valoración clientes	1/3		1	1/5	1,5
Impacto motivación personal	3	1		1	5
Impacto presupuesto anual	1	5	1		7
TOTAL	4,3	9	2,3	2,2	17,8
Peso	0,24	0,51	0,13	0,12	1

Peso relativo de criterios

Reordenando los criterios según el peso relativo de cada uno:

Criterio de ponderación	Peso relativo
(1) Impacto en la valoración de los clientes	51%
(2) Impacto en el funcionamiento de los procesos	24%
(3) Impacto en la motivación del personal	13%
(4) Impacto en el presupuesto anual	12%

Peso relativo de criterios

Según este resultado, el criterio con más peso es el impacto que la decisión tomada tenga en la satisfacción de los clientes (51%), mientras que el impacto en el presupuesto anual es el criterio con menos peso (12%).

- **Resultado**

Una vez ponderados los criterios de valoración, se van elaborando diferentes matrices en L que van reflejando la puntuación que cada miembro del equipo le otorga a cada alternativa.

Para optimizar el espacio en las matrices, utilizaremos los códigos que se muestran a continuación:

"***** DEMO - www.ebook-converter.com*****"

RT: Responsable de Taller
 SJ: Soldador Jefe
 CV: Cliente veterano
 RC: Responsable comercial Oficina Sur
 RS: Responsable del sistema de gestión

Se empiezan puntuando entre 1 y 10 todas las alternativas respecto del criterio más valorado en la ponderación: el **impacto en la valoración de los clientes**.

La máxima puntuación implicaría una gran mejora en la valoración de los clientes mientras que la puntuación mínima, significaría todo lo contrario, un impacto negativo.

<i>Criterio 1: Impacto en la valoración de los clientes (0,51)</i>	RT	SJ	CV	RC	RS	Total	Total ponderado
(A) El DG asume las funciones del JV	7	1	10	10	6	34	17,34
(B) Se incorpora una nueva persona con formación y experiencia óptimas	9	8	9	6	9	41	20,91
(C) Se incorpora una nueva persona con menos formación y experiencia	3	7	2	5	5	22	11,22
(D) Se promociona a una persona de la propia organización	7	7	4	4	5	27	13,77

Valoración respecto del Impacto en la valoración de los clientes

Como se puede ver en la matriz anterior, la percepción del impacto que tendrán las distintas alternativas en la valoración de los clientes difiere bastante según el miembro del equipo que está puntuando: por ejemplo, que sea el Director General quien asuma el puesto de Jefe de Ventas tiene para el soldador jefe un impacto mínimo en la valoración de los clientes (la puntuación que le otorga es la mínima,

un 1) mientras que la responsable comercial y el cliente veterano le otorgan una puntuación máxima (10).

Por tanto, sería prácticamente inviable alcanzar un consenso de grupo para emitir una puntuación global y es mucho mejor —aunque sea más largo— que cada uno otorgue su puntuación y después, calcular la puntuación global matemáticamente.

El Responsable de Calidad —y coordinador del grupo— ha tomado esta decisión dado que lo que se está evaluando se trata de una decisión muy importante para la organización.

Como primer resultado, el equipo ya sabe que la opción que alcanza más puntuación respecto del criterio con más peso sería la (B), incorporar una persona con experiencia y formación óptimas.

A continuación, realizan el mismo proceso con el resto de los criterios:

- ***Impacto en el funcionamiento de los procesos***

<i>Criterio 2: Impacto en el funcionamiento de los procesos (0,24)</i>	RT	SJ	CV	RC	RS	Total	Total ponderado
(A) El DG asume las funciones del JV	10	8	10	8	10	46	11,04
(B) Se incorpora una nueva persona con formación y experiencia óptimas	6	8	5	7	7	33	7,92
(C) Se incorpora una nueva persona con menos formación y experiencia	4	3	5	2	5	19	4,56
(D) Se promociona a una persona de la propia organización	10	7	8	10	9	44	10,56

Valoración respecto del Impacto en el funcionamiento de los procesos

En este caso, se ve como existe un acuerdo unánime en que ocupar el puesto con alguien de origen interno sería más positivo para el normal funcionamiento de los procesos que incorporar a alguien externo, ya que esta persona necesitaría un tiempo mínimo para poder conocer el sistema de gestión y su funcionamiento. La opción ganadora respecto del impacto en el funcionamiento de los procesos resulta ser la (A) El Director General asume las funciones del Jefe de Ventas.

- ***Impacto en la motivación del personal***

<i>Criterio 3: Impacto en la motivación del personal (0,13)</i>	RT	SJ	CV	RC	RS	Total	Total ponderado
(A) El DG asume las funciones del JV	5	6	5	6	8	30	3,9
(B) Se incorpora una nueva persona con formación y experiencia óptimas	6	5	5	8	6	30	3,9
(C) Se incorpora una nueva persona con menos formación y experiencia	4	3	6	5	1	19	2,47
(D) Se promociona a una persona de la propia organización	10	10	10	10	10	50	6,5

Valoración respecto del Impacto en la motivación del personal

Quizás sea este criterio el que más acuerdo suscita en el equipo: la promoción de una persona de la propia organización al puesto es sin duda, la opción que mayor impacto tendrá en la motivación del personal de la empresa.

Si este criterio fuese el de más peso, con seguridad esta resultaría ser la opción ganadora... pero no es así, por lo que se debe seguir avanzando en la elaboración de las matrices hasta ver un resultado global.

- ***Impacto en el presupuesto anual***

<i>Criterio 4: Impacto en el presupuesto anual (0,12)</i>	RT	SJ	CV	RC	RS	Total	Total ponderado
(A) El DG asume las funciones del JV	10	10	10	10	10	50	6
(B) Se incorpora una nueva persona con formación y experiencia óptimas	1	1	1	1	1	5	0,6
(C) Se incorpora una nueva persona con menos formación y experiencia	5	6	6	5	6	28	3,36
(D) Se promociona a una persona de la propia organización	3	2	3	4	3	15	1,8

Valoración respecto del Impacto en la motivación del personal

Nuevamente ocurre que una de las opciones cuenta con la máxima puntuación por parte de todos los miembros del equipo, y además, se puede ver cómo el resto de las puntuaciones son más o menos iguales... la razón es fácil de analizar: el grupo dispone de datos objetivos sobre el coste que tendría cada opción (nulo en el caso de que el DG asumiese las funciones del JV) y máximo en caso de la incorporación de un “fichaje” para el puesto.

Las otras dos opciones se valoran de forma similar por todo el equipo.

Nuevamente tendríamos una opción ganadora si el criterio con más peso fuese el impacto en el presupuesto, pero ya hemos visto que no es así, por lo que el equipo pasa a revisar el resultado global de todas las matrices.

Se elabora una última matriz con los resultados parciales de comparar las alternativas con cada criterio. Multiplicando los resultados —ya ponderados— correspondientes a cada criterio, la puntuación final que alcanza cada alternativa es la que se muestra en

la columna TOTAL.

	(C1)	(C2)	(C3)	(C4)	Total
(A) El DG asume las funciones del JV	17,34	11,04	3,9	6	4.479,55
(B) Se incorpora una nueva persona con formación y experiencia óptimas	20,91	7,92	3,9	0,6	387,52
(C) Se incorpora una nueva persona con menos formación y experiencia	11,22	4,56	2,47	3,36	424,61
(D) Se promociona a una persona de la propia organización	13,77	10,56	6,5	1,8	1.701,31

Matriz de priorización global

El resultado final, ordenado de puntuación mayor a menor, sería el siguiente:

Alternativa	Descripción	Pi
A	El Director General asume las funciones del Jefe de Ventas	4.4
D	Se promociona a una persona de la propia organización	1.7
C	Se incorpora una persona con menos formación y experiencia	42
B	Se incorpora una nueva persona con formación y experiencia óptimas	38

Priorización de alternativas

La opción ganadora es que el **Director General asuma las funciones del Jefe de Ventas...** la han llevado al pódium las buenas puntuaciones otorgadas por el equipo en los criterios con más peso: el impacto en la satisfacción de los clientes y en el funcionamiento de los procesos así como una muy buena puntuación en lo que al impacto económico se refiere...

Es probable que cuando esta solución sea propuesta al Director General quizás no le parezca tan buena como al resto del equipo, por lo que nuestra recomendación es que siguiesen profundizando en el

análisis de las posibles alternativas utilizando otras herramientas de las ya vistas (como el diagrama de árbol, por ejemplo) y recopilando más datos e información sobre la bondad de las mismas, pero de momento, que el Director General asuma el puesto mientras se prepara la promoción de alguna persona de la organización parece una solución bastante factible y buena para la empresa y sus clientes.



La promoción interna, según Dilbert

Fuente: 4-14-12 © 2012 Scott Adams, Inc./Dist. by Universal Uclick

8.7. CONCLUSIONES

De todas las herramientas que hemos visto, la matriz de priorización es con mucho la más difícil de implementar pero es también la que obtiene resultados menos subjetivos y más rigurosos.

Se debe aplicar siempre que se dispongan de varias alternativas para la misma solución que puedan ser valoradas mediante criterios debidamente ponderados. Es una herramienta que puede ser utilizada tanto por un solo individuo como por un equipo de trabajo, ya que como hemos visto en el caso anterior, los resultados pueden cambiar sustancialmente.

CAPÍTULO 9.

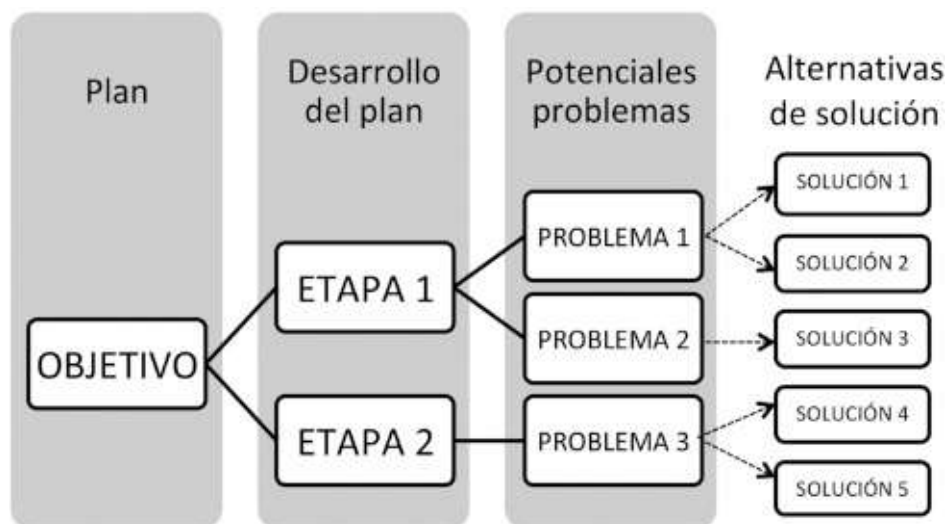
DIAGRAMA DE PROCESO DE DECISIÓN

9.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo, abordaremos el estudio de una herramienta empleada en la gestión de calidad que a diferencia de las anteriores, más orientadas al análisis y resolución de problemas, se centra en analizar las fases que se deberían llevar a cabo para la consecución de un objetivo o el éxito de un proyecto. Este diagrama nos permitirá identificar posibles problemas o incidencias y como consecuencia, poder poner en marcha un plan de medidas preventivas para intentar evitarlas.

El **diagrama de proceso de decisión** (o **Process Decision Program Chart, PDPC**) es una herramienta de gran utilidad en el proceso de **planificación de proyectos** y pone de manifiesto el grado de complejidad que éstos pueden alcanzar así como las dificultades que pueden surgir en su desarrollo. Su carácter proactivo y preventivo lo hacen muy interesante pues permite anticiparse a los problemas antes de que ocurran y por tanto, reduce significativamente los costes de no calidad del proyecto.

Este diagrama es una variación del **diagrama de árbol** (ver capítulo 6) en el que se añade la identificación de problemas y la propuesta de soluciones.



Esquema de diagrama de proceso de decisión

9.2. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE APLICAR LA HERRAMIENTA

La elaboración de un diagrama de proceso de decisión como una de las etapas del proceso de planificación de un proyecto aporta claras ventajas y beneficios: la identificación de problemas potenciales, y la posibilidad de anticiparse a la ocurrencia de dichos problemas supone un ahorro claro de costes de no calidad asociados al proyecto y evita demoras y retrasos en el desarrollo y consecución del mismo.

Por otro lado, facilita al equipo de trabajo una visión global de todo el proyecto y de las fases a desarrollar, lo que mejora la planificación de las diferentes etapas y la determinación de las necesidades de recursos, tanto humanos como materiales y económicos.



La toma de decisiones, según Dilbert

Fuente: 8-30-11 © 2011 Scott Adams, Inc./Dist. by Universal Uclick

9.3. EL EQUIPO DE TRABAJO

El equipo de trabajo debe estar compuesto por personas que tengan un buen conocimiento e información sobre el proyecto que se va desarrollar.

Como ocurre en la aplicación de otras herramientas, la bondad del resultado depende directamente del conocimiento que el equipo tenga del asunto a evaluar, y en este caso en particular, el número de problemas potenciales identificados y la adecuación de las contramedidas dependen directamente del conocimiento, experiencia y

"***** DEMO - www.ebook-converter.com*****"

nivel de participación de los miembros del equipo de trabajo.

Por ejemplo, los **proyectos de construcción civil** son proyectos muy complejos de planificar, por la gran cantidad de fases que se deben cumplir y el amplio abanico de potenciales problemas que pueden surgir en el desarrollo de la obra. Por tanto, es imprescindible que en su planificación participen personas que tengan amplia experiencia en este tipo de proyectos y conozcan de primera mano todos los posibles problemas que pueden aparecer en obra y las mejores soluciones posibles en cada caso.

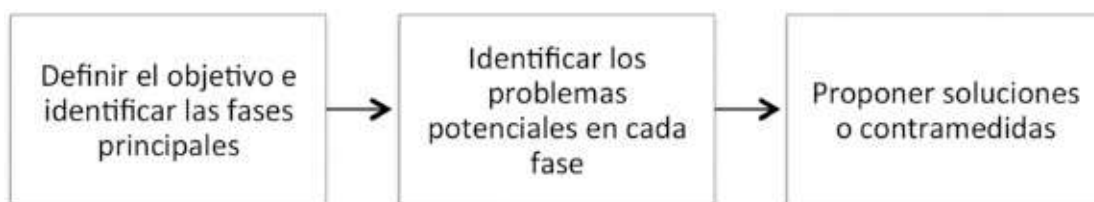
Lo más habitual, para facilitar la labor, es desglosar lo más posible las etapas de la planificación, para poder analizar cada una por separado. Generalmente, la composición del equipo de trabajo cambia según la etapa que se está analizando pues los expertos en la fase de *Demolición y Movimiento de Tierras* no necesariamente lo son también en la fase de *Cimentación o en Impermeabilizaciones y Aislamientos*.

9.4. LOS RECURSOS

No son necesarios recursos diferentes de los establecidos en otros capítulos: una sala adecuada y un tablero en el que se pueda dibujar y escribir serán suficientes.

9.5. LA SISTEMÁTICA DE APLICACIÓN

El diagrama de proceso de decisión se lleva a cabo en tres sencillas etapas:

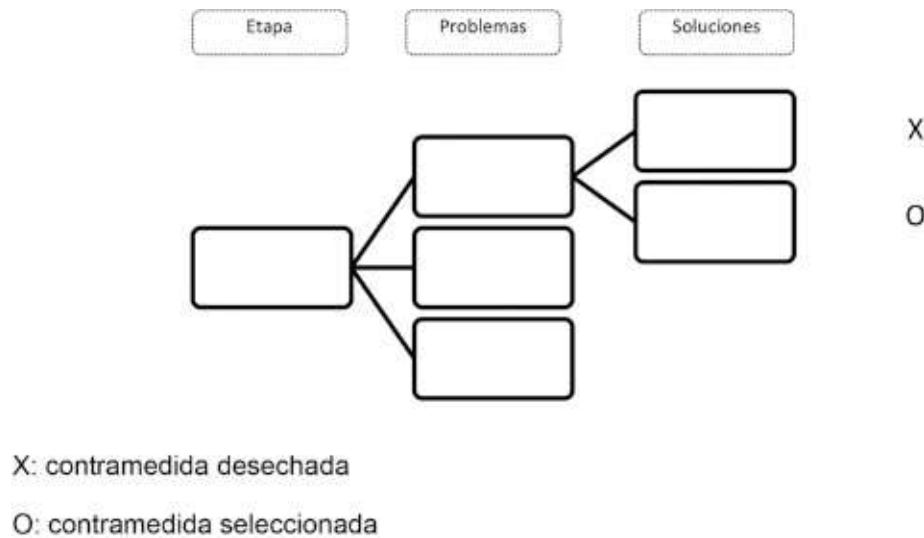


Elaboración de diagrama de proceso de decisión

El equipo debe identificar al menos una contramedida viable por cada problema o potencial incidencia identificada, aunque lo habitual es que existan varias posibilidades de solución para el mismo problema.

Una vez establecidas las contramedidas, el equipo debe eliminar aquellas que no son aceptables para el proyecto, por ejemplo, por tener un coste demasiado elevado o por ser técnicamente inviables y elegir la

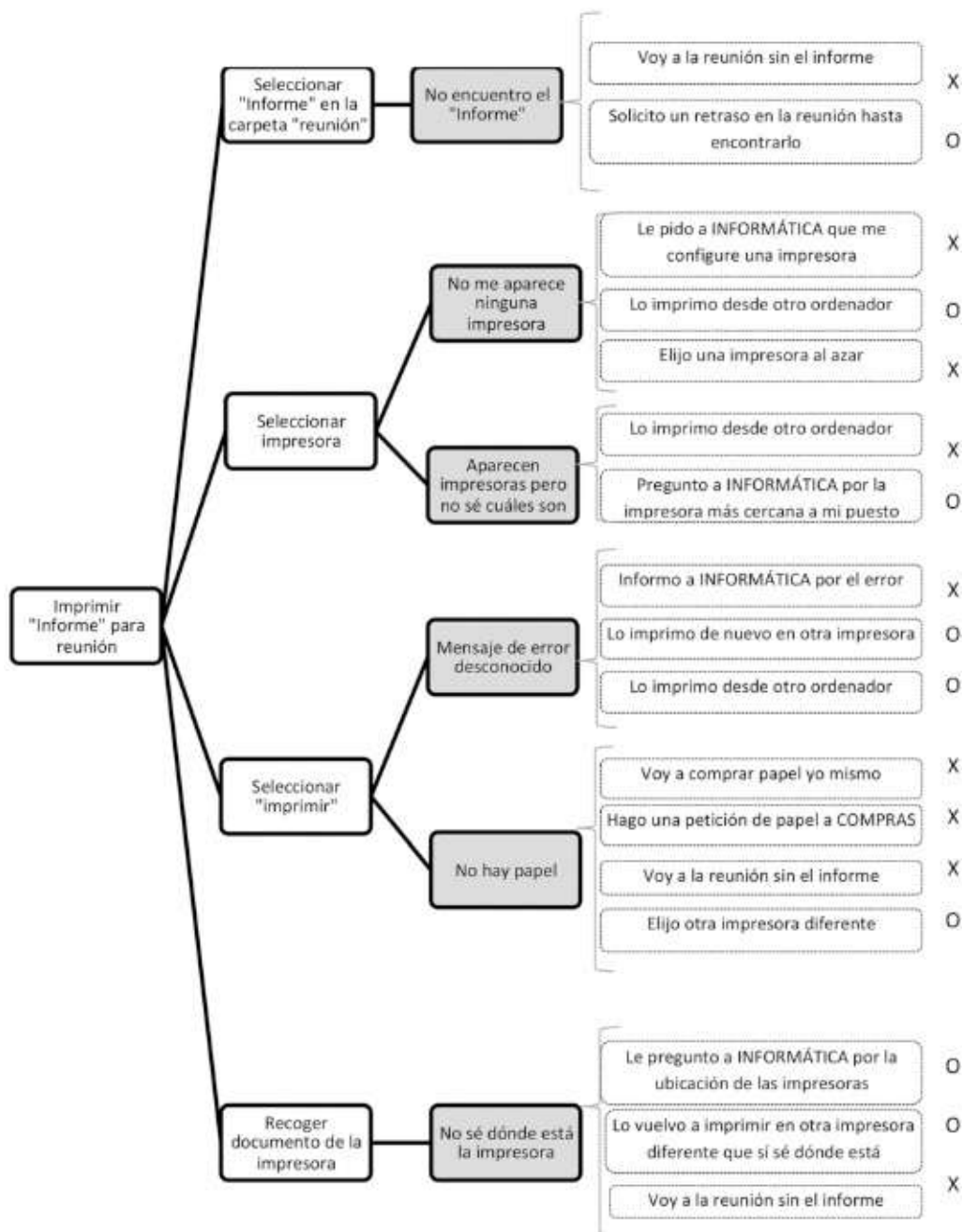
que tenga mayor probabilidad de eliminar el problema de forma eficiente.



Estructura de diagrama de proceso de decisión

En el ejemplo que se muestra a continuación, el objetivo que se quiere alcanzar es bien simple: ***imprimir un documento para una reunión***. El siguiente paso es identificar los problemas que nos pueden surgir en el proceso de impresión —tan habituales, por otro lado—.

El siguiente paso es proponer soluciones o “contramedidas” que pongamos en marcha y solucionen los posibles problemas que nos puedan surgir.



Ejemplo de diagrama de proceso de decisión

Como se puede ver, en muchas ocasiones, **una misma contramedida** puede ser válida para **diferentes problemas** (por ejemplo, la contramedida “lo imprimo desde otro ordenador” resulta una opción válida en varios casos).

También se debe observar que contramedidas válidas para algunos problemas, pueden no serlo para otros; todo depende de las alternativas

existentes en cada caso.

Finalmente, las contramedidas deben ser **coherentes** con las características del proyecto u objetivo. Es decir, existen contramedidas que a priori deberían ser válidas (como cursar una petición a COMPRAS cuando se acaba el papel de la impresora o solicitar al área INFORMÁTICA la configuración de una impresora cercana) pero que para este objetivo concreto no lo son debido a un parámetro muy importante: el tiempo. De igual modo, soluciones que en otros casos no serían válidas son dadas por aceptables debido a ese aspecto del objetivo.

A la vista de un diagrama como este, parece evidente que hay varias **acciones** a llevar a cabo si uno tiene en mente imprimir un documento:

- Asegurarnos de que tenemos impresoras configuradas en nuestro ordenador, a ser posible más de una.
- Comprobar la ubicación de dichas impresoras.
- Tener bien ubicado el documento a imprimir.

Y si además queremos afinar:

- Comprobar la disponibilidad de papel (y si lo cambiamos nosotros mismos, buscar el lugar de almacenamiento habitual).
- Tener el documento guardado en red o en un dispositivo móvil que nos permita imprimirlo desde otros equipos alternativos al nuestro.

Y sobre todo: asegurarnos de que disponemos de tiempo suficiente para hacer frente a cualquier contratiempo...



9.6. EL EJEMPLO PRÁCTICO

En esta ocasión, el equipo de trabajo, con el director general a la cabeza, ha decidido poner en marcha un objetivo consistente en la **mejora de la formación** en gestión económica de proyectos de las personas responsables del control financiero de la entidad —en capítulos anteriores, hemos visto que existía una carencia en ese área que estaba ocasionando graves problemas a la compañía—.

Para que todo se desarrolle de forma óptima, deciden realizar la planificación del objetivo apoyándose en un diagrama de proceso de decisión.

- ***Situación de partida***

El equipo dispone de 3.000€ para la consecución de este objetivo y se ha marcado las siguientes metas:

- Todas las personas involucradas en la gestión financiera deben recibir formación adecuada a su puesto de trabajo.
- El objetivo debe completarse antes de un mes.

El equipo comienza valorando distintas opciones para la formación (formación interna/externa, individual/por grupos, presencial/a distancia...) y finalmente acaba decidiéndose por un curso externo, impartido por una Consultoría especializada en tres sesiones diarias

consecutivas de cuatro horas de duración. Se establecerán dos grupos (según puestos de trabajo). Las dos primeras sesiones son comunes para los dos grupos, y en la tercera sesión cada grupo recibirá una formación específica diferente a la del otro grupo.

El plan de acción establecido para el objetivo es el siguiente:

Mejorar la capacitación del personal	(1) Elegir entidad de formación
	(2) Diseñar programa de la formación
	(3) Convocar a los asistentes
	(4) Celebrar las sesiones formativas
	(5) Verificar la eficacia de la formación

Etapas del plan de acción

- **Proceso**

Se comienza dibujando el diagrama de flujo que representa las etapas del plan en el tablero.



Diagrama de flujo del plan de acción

Una vez se tienen en el tablero todas las etapas del plan, se van analizando una a una tratando de identificar posibles problemas. Lo más práctico es dibujar un diagrama por cada etapa del plan para mayor claridad; si el número de etapas es elevado, probablemente el tablero no tendrá suficiente tamaño para representar el diagrama entero.

- **Resultado**

Por ejemplo, este es el resultado de evaluar la primera etapa del plan: **seleccionar la entidad de formación más adecuada**. La compañía está interesada en encontrar una entidad lo más cercana a las instalaciones de la empresa, pues está interesada en que la formación sea presencial y entiende que si la entidad de formación es fuera de su provincia, la acción formativa probablemente sería más costosa.

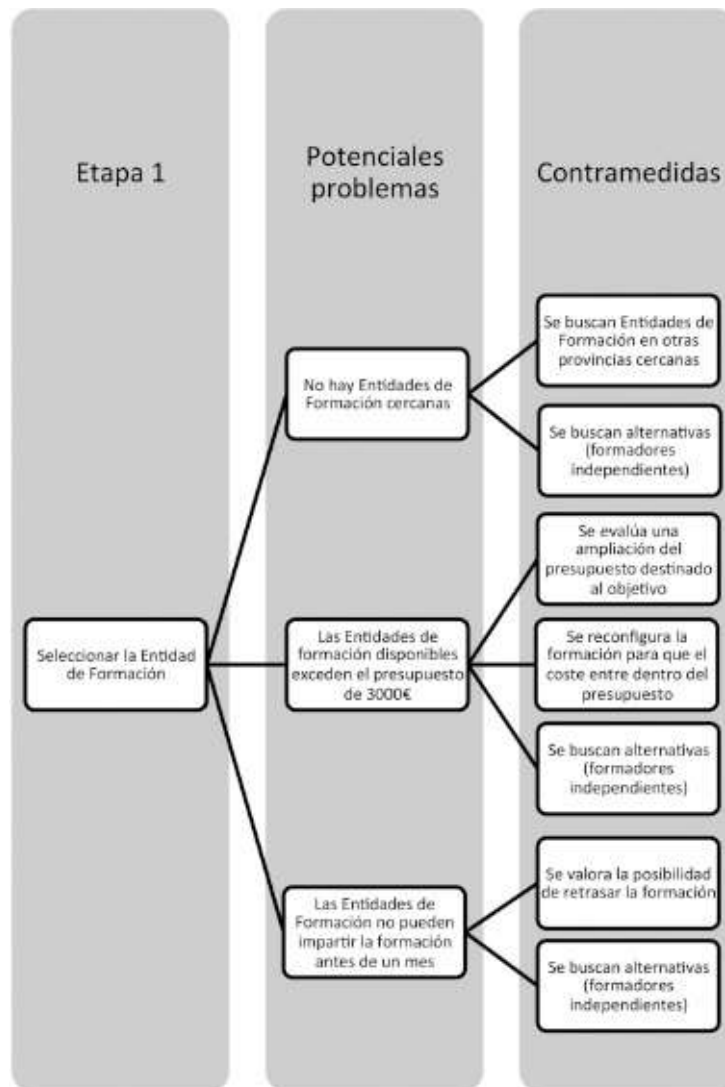


Diagrama de decisión de la etapa 1

A la vista del análisis, existe una contramedida que es válida como solución a todos los problemas que se pueden presentar, que es la búsqueda de **formadores independientes** como alternativa a la Entidad de Formación en caso de que el coste o el plazo no fuesen adecuados a lo que busca la compañía. Por tanto, una acción preventiva que se puede emprender es ampliar la búsqueda inicial no solo a Empresas de formación, sino también a formadores independientes.

Veamos otro ejemplo, esta vez, evaluando la etapa “Convocar asistentes”. Recordemos que una de las metas del objetivo es que todas las personas involucradas en la gestión financiera reciban la formación antes de un mes.

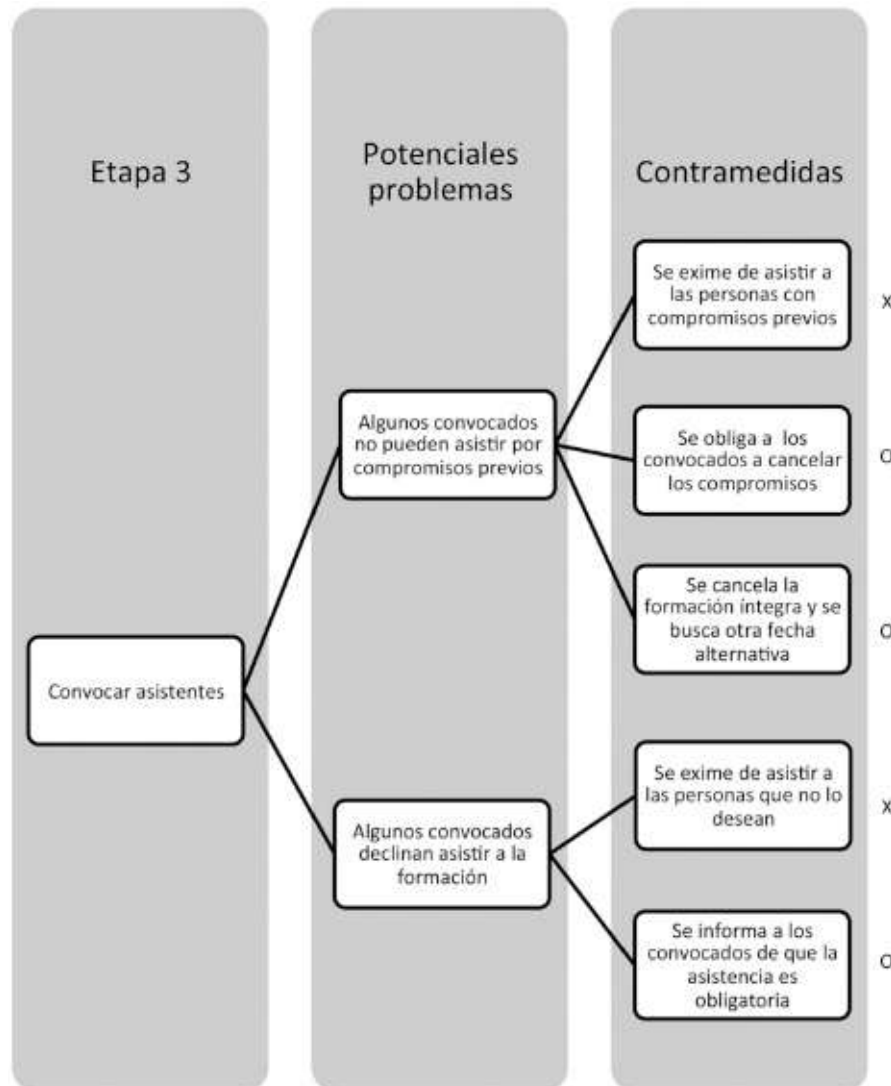


Diagrama de decisión de la etapa 3

En este caso, las acciones preventivas a emprender a la vista de los potenciales problemas y las contramedidas aceptables podrían ser:

- Convocar a los asistentes con suficiente antelación para evitar que tengan que cancelar otros compromisos previos.
- Incluir en la convocatoria la advertencia de que la asistencia es obligatoria.



La toma de decisiones, según Dilbert

Fuente: 10-X-07 © 2007 Scott Adams, Inc./Dist. by UFS, Inc.

9.7. CONCLUSIONES

El diagrama de proceso de decisión o PDPC es una herramienta útil en la planificación de proyectos o planes de acción. Su carácter proactivo la hace muy interesante al equipo de planificación y diseño pues permite anticiparse a los problemas antes de que hagan aparición mediante la implementación de una serie de contramedidas y acciones preventivas.

El resultado es un ahorro significativo de costes de calidad (reducción de consumo de materias primas, reducción de productos/servicios no conformes) y sobre todo, un mayor cumplimiento de plazos.

También facilita la labor de planificación del proyecto —recursos humanos propios o subcontratados, gestión de compra de materias primas e insumos, necesidades de equipos, máquinas y herramientas, establecimiento de puntos de inspección y controles de calidad, etc.— y en definitiva, aporta numerosos beneficios al equipo responsable del diseño, desarrollo y planificación del plan/proyecto que se quiera emprender.

CAPÍTULO 10.

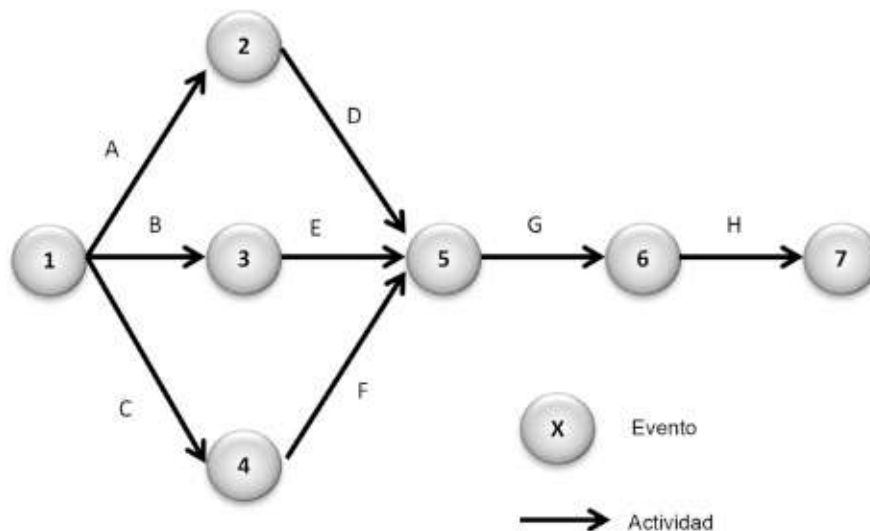
DIAGRAMA DE FLECHAS

10.1. INTRODUCCIÓN

La última herramienta que analizaremos es también una herramienta de planificación. El **diagrama de flechas** permite al equipo de diseño y desarrollo, establecer el orden lógico en que deben ser ejecutadas las tareas del proyecto.

Se le denomina también como actividad diagrama de red, diagrama de red, **diagrama PERT** (*Project Evaluation and Review Technique*) diagrama de nodos o **método de la ruta crítica** (*Critical Method Path, CMP*) pues su representación gráfica final tiene la forma de una red en la que se plasman las secuencias lógicas de actividades necesarias para llevar a cabo el proyecto.

Consiste en una serie ordenada de flechas y círculos —o nodos—. Las flechas representan las actividades o tareas y los nodos, los eventos o instantes en el tiempo

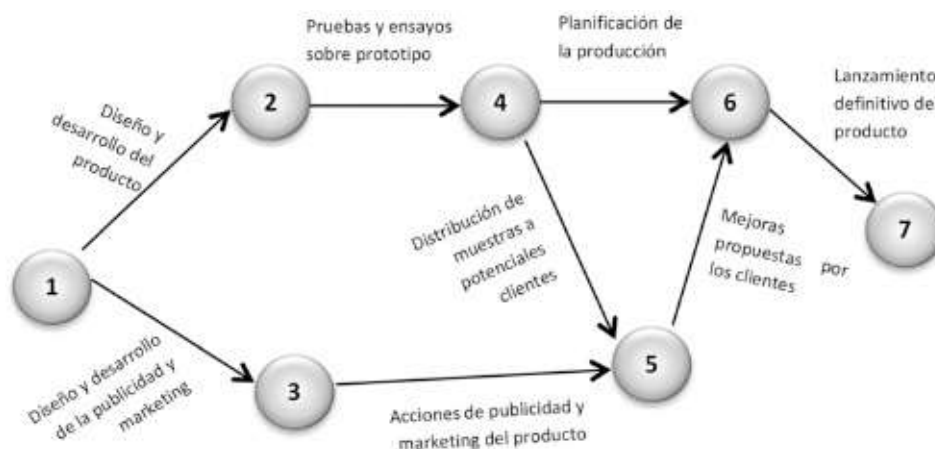


Esquema de diagrama de flechas

Otra de las ventajas del diagrama de flechas es que permite secuenciar las acciones no solo “en serie” sino también “en paralelo” es decir, identifica aquellas actividades que pueden ser realizadas al mismo tiempo con el correspondiente ajuste y mejora de los tiempos de ejecución del proyecto.

Pero la función más importante del diagrama es identificar la **ruta crítica**, es decir, aquella que representa el grupo de actividades decisivas para el éxito del proyecto. Un retraso o incidente en la ruta crítica afectará al resto del proyecto y mejorar los tiempos de ejecución de las actividades de la ruta crítica permitiría reducir el plazo global del proyecto.

En el ejemplo siguiente, se muestra como sería el diagrama de flechas para un proyecto de diseño, desarrollo y lanzamiento al mercado de un nuevo producto.



Ejemplo de diagrama de flechas

10.2. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE APLICAR LA HERRAMIENTA

Elaborar un diagrama de flechas en el marco de la planificación de un proyecto o plan facilita una visión global y completa de las actividades a realizar dentro del mismo, pues muestra en un solo documento la totalidad del proyecto.

Ayuda a mejorar la programación y control de dichas actividades, mejorando así los niveles de cumplimiento de plazos total del proyecto.

10.3. EL EQUIPO DE TRABAJO

El equipo de trabajo debe estar compuesto por personas con conocimiento del proyecto y de sus fases, pero también con buena capacidad analítica.

10.4. LOS RECURSOS

No son necesarios recursos diferentes de los establecidos en otros capítulos: una sala adecuada y un tablero en el que se pueda dibujar y escribir serán suficientes.

10.5. LA SISTEMÁTICA DE APLICACIÓN

El diagrama de flechas se realiza de la forma siguiente:



Elaboración de diagrama de flechas

- **Identificar las actividades**

La identificación de las actividades puede ser realizada previamente en un *Brainstorming* o proceso similar. Deben estar a la vista de todo el equipo de trabajo, bien en un tablero o encima de una mesa de trabajo.

- **Determinar la primera actividad del proyecto**

El siguiente paso es identificar cuál es la actividad por la cual se debe empezar y colocarla al inicio del diagrama, generalmente a la izquierda del tablero.

- ***Continuar con las actividades hasta llegar al objetivo final***

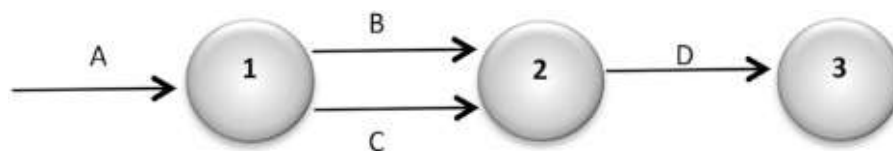
A partir de ahí se continúan colocando tarjetas en un orden lógico, comprobando cuales se deben realizar a la finalización de la actividad precedente y cuáles se pueden realizar al mismo tiempo.

Las flechas indican el orden lógico de las actividades. Ni su longitud ni su dirección tienen significado.

En la construcción del diagrama, se deben respetar estas condiciones:

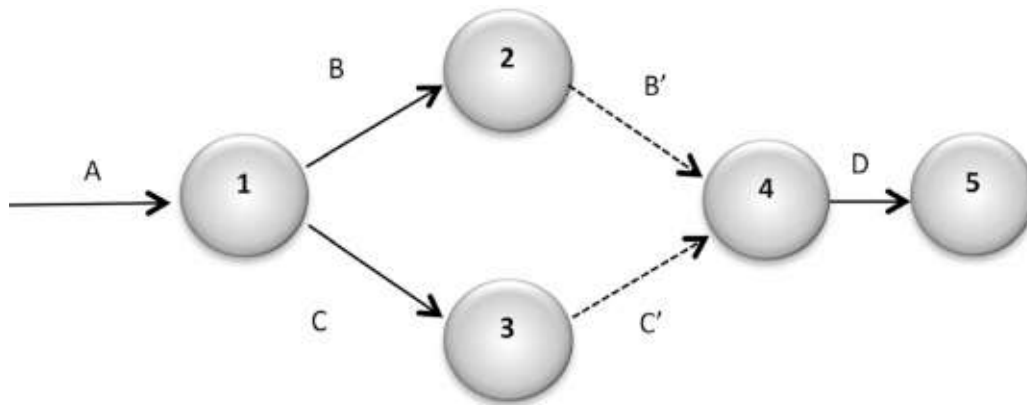
- Un nodo solo puede numerarse cuando ya se hayan numerado todos los nodos que le preceden.
- Debe haber un único nodo INICIO y un único nodo FIN.
- Dos flechas que parten del mismo nodo no pueden llegar al mismo nodo de destino.

Esta última condición es a veces difícil de respetar pues es habitual que para llegar de una fase a otra del proyecto, deban realizarse un conjunto de actividades distintas, que tendrían una representación como esta:



Múltiples actividades entre nodos

Sin embargo, para simplificar el diagrama, es preferible o bien definir una actividad que integre B+C o bien crear “nodos ficticios” intermedios como los siguientes:



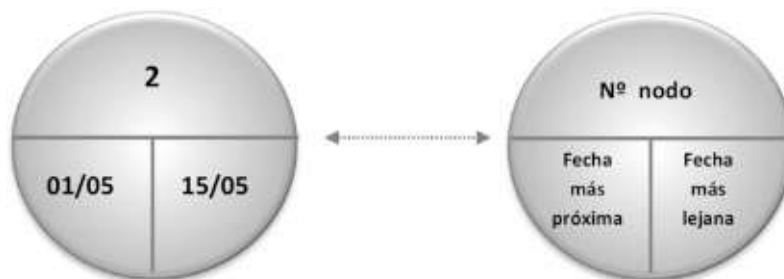
Actividades ficticias entre nodos auxiliares

Se han creado dos nodos intermedios auxiliares y actividades ficticias (B' y C') para respetar el principio de designación unívoca.

- **Asignar tiempos de ejecución**

Una vez que todas las actividades se han colocado en el tablero, se analizan una a una y se les asigna un tiempo de ejecución. Este tiempo debe ser realista y debe estar basado en información y datos reales (de otros proyectos similares, por ejemplo). Una vez se conocen los tiempos de ejecución pueden identificarse el momento de inicio y fin de cada evento (también denominados tiempos **early** y **last**).

Los tiempos pueden reflejarse mediante fechas concretas o mediante unidades de medida (generalmente días).

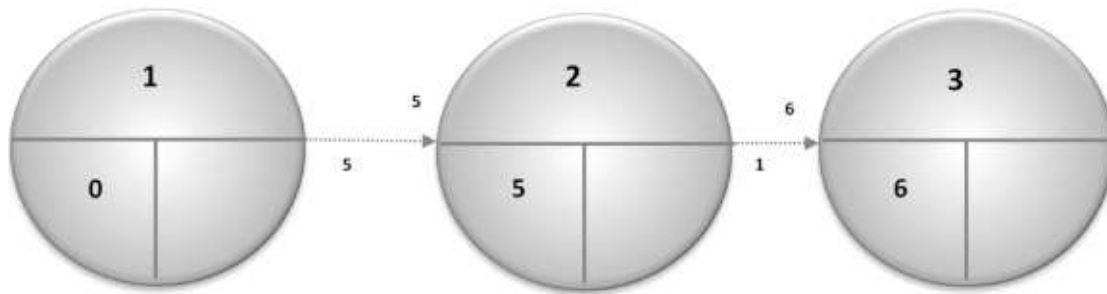


Información de los nodos

Sin duda, la forma más habitual es hacerlo mediante días. El diagrama parte del "día 0" y va avanzando sumando días de

ejecución por las distintas rutas. El tiempo *early* de cada nudo es igual al tiempo *early* del nudo anterior más la duración de la actividad.

En las flechas, se va reflejando tanto el tiempo necesario para realizar la actividad como el tiempo acumulado hasta el momento. En los nodos, se va anotando en el campo de la izquierda el inicio de la/s actividad/es correspondiente/s.

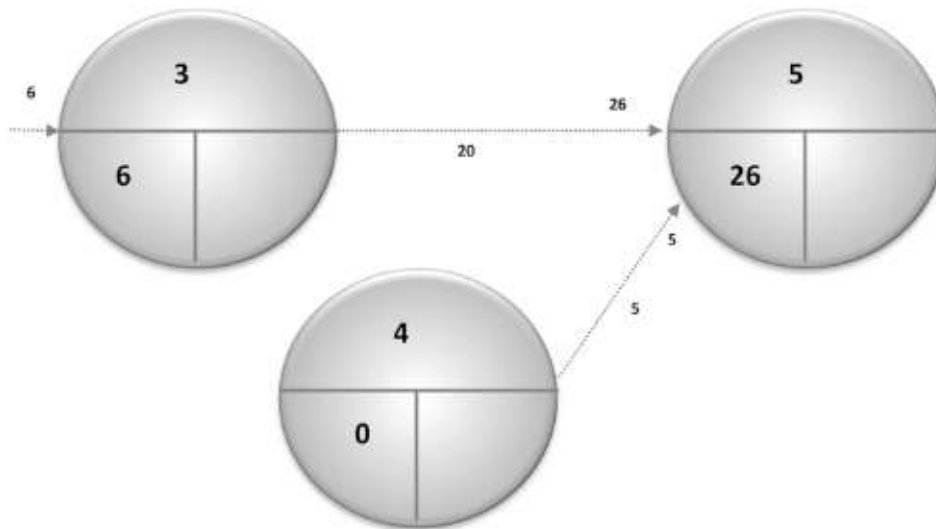


Secuencia de los nodos consecutivos

En el ejemplo, el evento 1 empieza el día 0. El tiempo estimado para completar la actividad 1,2 es de 5 días, por lo que el evento 2 empieza el día 5.

Si avanzamos en el diagrama, el tiempo necesario para completar la actividad 2,3 es de 1 día, por lo que el evento 3 comienza el día 6, tal como refleja el nodo y la punta de la flecha correspondiente.

Cuando se producen dos eventos en paralelo, se debe considerar el tiempo más desfavorable para representar el diagrama, como en el ejemplo siguiente.



Secuencia de los nodos en paralelo

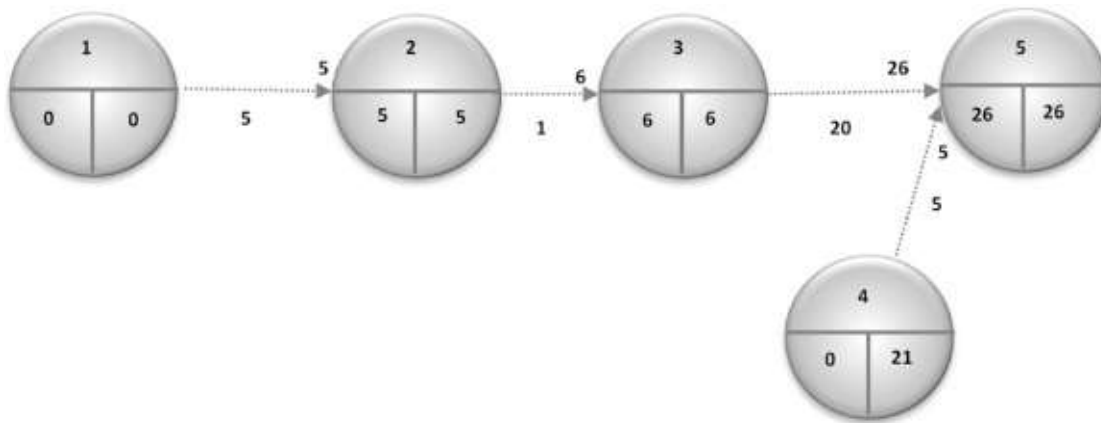
En este caso, para llegar al evento 5, deben haber finalizado con éxito los eventos 3 y 4. El recorrido más desfavorable es el 3,5 que dura 20 días, mientras que el recorrido 4,5 solo dura 5 días. Por tanto, según por dónde se vaya, el evento 5 comenzaría el día 26 o el día 5. La decisión correcta es tener en cuenta el tiempo de ejecución de la actividad 3,5 por lo que el evento 5 comenzará el día 26 aunque la actividad 4,5 ya haya finalizado tiempo atrás.

En este ejemplo podemos observar cómo algunas actividades son especialmente críticas para el desarrollo del proyecto: si se consigue reducir el plazo de ejecución de la actividad 3,5 se puede reducir el plazo de ejecución del proyecto.

De igual forma, un retraso en la ejecución de la actividad 4,5 no tendrá relevancia salvo que supere el plazo de 20 días que marca la otra ruta.

Los tiempos last se calculan a la inversa, empezando desde el nodo final. Se toma el tiempo final alcanzado y se van descontando los tiempos parciales de cada evento.

Volviendo al ejemplo anterior, el resultado sería el siguiente:



Secuencia total de los nodos

- **Identificar rutas críticas**

Dada la diferencia de tiempos que acabamos de ver entre las actividades que se llevan a cabo simultáneamente, nos encontraremos con que existen actividades que gozan de un cierto margen de actuación u **holgura** (cuando el tiempo *last* es superior al tiempo *early*) como en el caso de la actividad 4,5 que puede iniciarse en el periodo comprendido entre el día 0 y el día 21 mientras que otras no lo tienen (cuando la diferencia entre el tiempo final y el tiempo inicial es nula). Es el caso de todas las demás actividades.

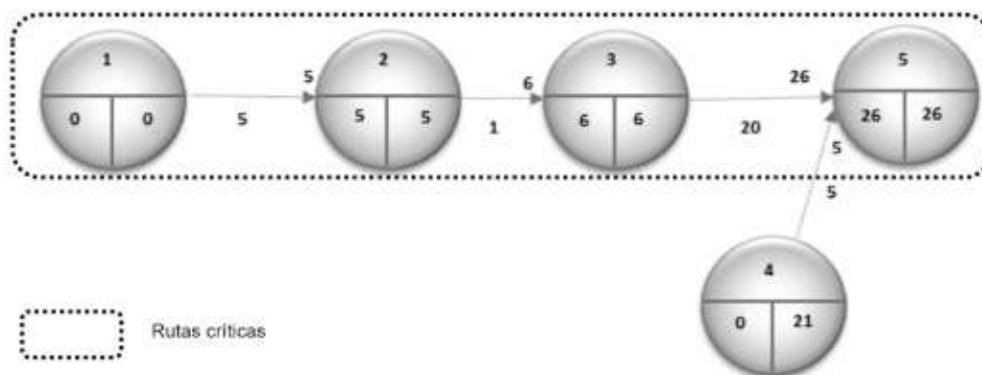
Las trayectorias que unen eventos sin holgura (con tiempos fin e inicio iguales), se denominan **rutas críticas** o fundamentales del proyecto.

Que exista holgura en un nudo significa que puede existir un retraso en esas actividades concretas sin que el proyecto global se vea afectado por el mismo.

En un **proyecto de construcción**, conocer estos márgenes de actuación es importantísimo a la hora de planificar determinadas actividades del proyecto, como la compra de materias primas, las fechas en que se alquilan máquinas o se contrata personal... incluso para poder adelantar o retrasar una actividad en función de las condiciones climatológicas.

Volviendo al diagrama representado anteriormente, la trayectoria que une los eventos 1-2-3-5 es una ruta crítica.

En esta trayectoria, las actividades no pueden permitirse ni una sola demora.



Identificación de rutas críticas

10.6. EL EJEMPLO PRÁCTICO

En esta ocasión, nuestra empresa está de enhorabuena: **¡Ha recibido un nuevo encargo!** Se trata de una pieza de acero al carbono de grantamaño. El cliente ha facilitado todas las especificaciones técnicas del producto incluyendo los planos de conjunto y de despiece, y ha encargado a nuestra empresa únicamente la fabricación y entrega. La compañía llevará a cabo toda la fabricación, a excepción de la pintura que será subcontratada a una empresa especializada.

Para evitar problemas ocurridos en el pasado, el responsable de calidad propone al equipo de producción y al personal de la oficina técnica que trabajen conjuntamente en la planificación del proyecto, y entre otras acciones, han decidido elaborar un diagrama de flechas que les permita establecer un cronograma de actividades y les ayude a identificar las fases críticas del proyecto.

- ***Situación de partida***

En primer lugar, empiezan por identificar todas las tareas que hay que abordar en el proyecto. El Responsable de Calidad les propone a todos los miembros del equipo de trabajo que vayan proponiendo las tareas que estén más asociadas a su puesto de trabajo y el resultado final es el siguiente (en el orden en que han sido propuestas):

"***** DEMO - www.ebook-converter.com *****"

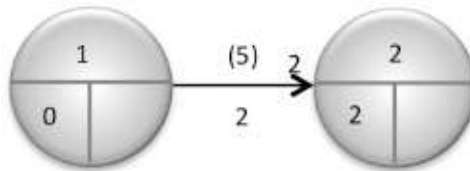
(1)	Compra y recepción de materias primas y componentes
(2)	Envío de la pieza para imprimación
(3)	Inspección dimensional de la pieza
(4)	Corte de las piezas
(5)	Revisión de las especificaciones técnicas facilitadas por el cliente
(6)	Inspección final tras el pintado
(7)	Preparación de las máquinas
(8)	Armado
(9)	Transporte a las instalaciones del cliente y entrega
(10)	Preparación de la documentación que acompaña la pieza
(11)	Soldadura
(12)	Curvado y doblado de las piezas
(13)	Trazado
(11)	Inspección de soldadura END
(12)	Elaborar lista de aprovisionamientos

Tabla de actividades

- **Proceso**

Se decide establecer como actividad inicial la tarea (5) *revisión de las especificaciones técnicas facilitadas por el cliente*, que será la que una los eventos 1 y 2. Se le otorga una duración de 2 días.

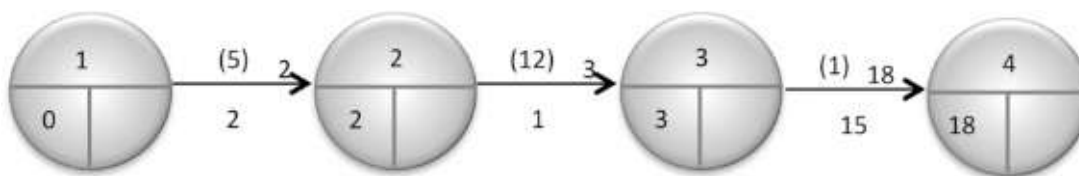
El primer tramo del diagrama queda como sigue:



Inicio del diagrama

Según esto, el evento dos se corresponde al momento en que las especificaciones técnicas ya han sido revisadas y se puede empezar con la fabricación propiamente dicha.

A continuación del evento 2, se puede pasar a realizar la actividad (12) y (1), que se colocan a continuación de forma consecutiva, con plazos estimados de ejecución de 3 y 15 días respectivamente. Se generan los eventos 3 y 4.



Construcción del diagrama

A medida que se van colocando actividades en el diagrama de flechas, se van eliminando de la tabla anterior, para mayor claridad del equipo.

(1)	Compra y recepción de materias primas y componentes
(2)	Envío de la pieza para imprimación
(3)	Inspección dimensional de la pieza
(4)	Corte de las piezas
(5)	Revisión de las especificaciones técnicas facilitadas por el cliente
(6)	Inspección final tras el pintado
(7)	Preparación de las máquinas
(8)	Armado
(9)	Transporte a las instalaciones del cliente y entrega
(10)	Elaboración y recopilación de dossier técnico que acompaña la pieza
(11)	Soldadura
(12)	Curvado y doblado de las piezas
(13)	Trazado
(14)	Inspección de soldadura END
(15)	Elaborar lista de aprovisionamientos
(16)	Preparación albarán de envío y documentación

Tabla de actividades

- **Resultado**

El resultado final es el que se muestra a continuación:

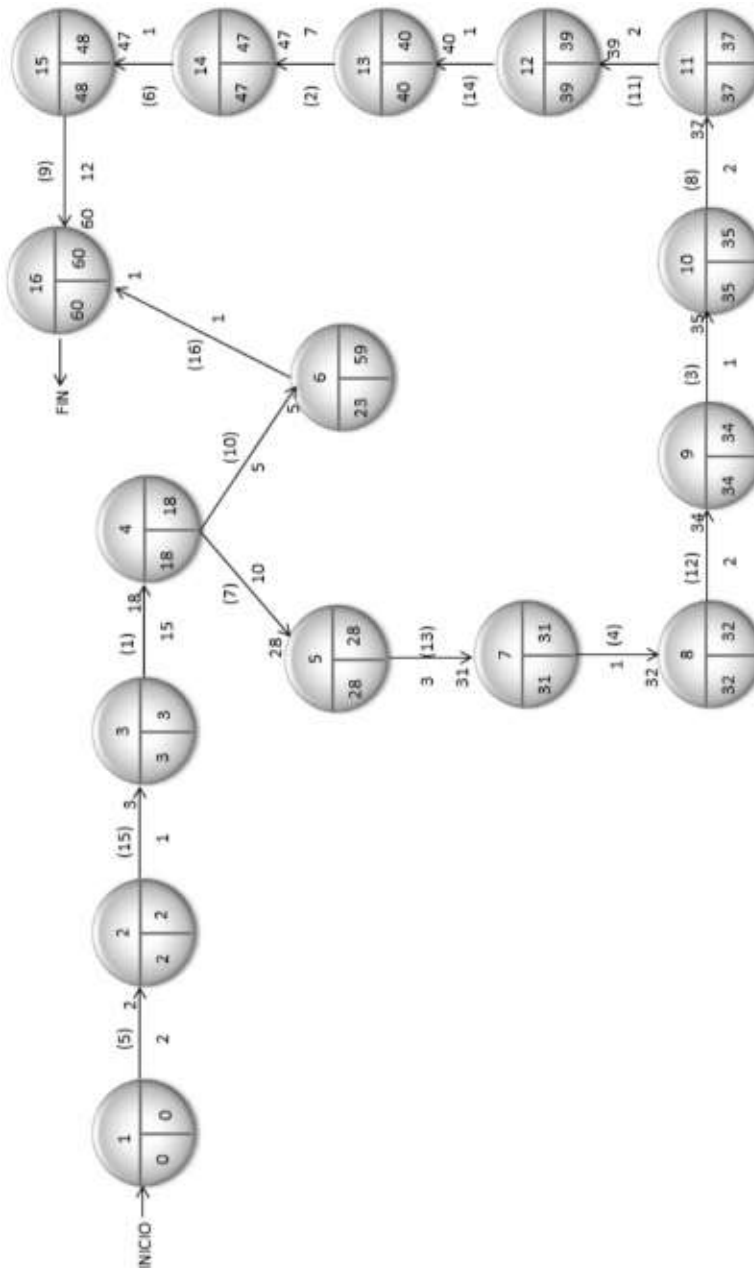


Diagrama de flechas

Como revisar el resultado, el equipo llega a las siguientes conclusiones:

- El plazo estimado de entrega es de 60 días.
- Se identifica una ruta con holgura, (ver el nodo 6) que se corresponde con la preparación de la documentación que acompaña al producto en la entrega. El resto de trayectorias conforman una ruta crítica en la

que cualquier retraso afectará al proyecto entero.



Cumplimiento del plazo de entrega, según Dilbert

Fuente: 12-06-07 © 2007 Scott Adams, Inc./Dist. by UFS, Inc.

10.7. CONCLUSIONES

El diagrama de flechas es una herramienta excelente para la planificación de proyectos, especialmente en lo que se refiere a establecer la cronología de los proyectos y controlar los tiempos de ejecución.

Permite identificar aquellas fases críticas para el proyecto, en las que cualquier retraso afecta a la globalidad del mismo, y también aquellas otras donde existe cierto margen para el cumplimiento del plazo sin que por ello el tiempo de ejecución global se vea afectado.

En definitiva, es una herramienta sencilla, útil y práctica que puede ser aplicada por equipos de diseño y desarrollo, producción o calidad en todo tipo de empresas que necesiten planificar proyectos o planes de acción de cualquier índole.

REFERENCIAS

"Stakeholders: the case against"

John Argenti

"Out of crisis"

Walter E. Deming

"Planning for Quality, Productivity and Competitive Position"

Howard S. Gitlow

"What is Total Quality Control? The Japanese way"

Kaoru Ishikawa

"Introduction to Quality Control"

Kaoru Ishikawa

"Quality Control Handbook"

Joseph M. Juran

"The non-pareto principle: mea culpa, Quality Progress"

Joseph M. Juran

"Decision making with the analytic hierarchy process"

Thomas L. Saaty

"Science, specific knowledge and total quality management"

Karen H. Wruck, Michael C. Jensen