

Serie de Calidad y Estadística Industrial

Metodología y herramientas  
para la solución de problemas  
y para la mejora continua

OCTAVIO ESTRADA CASTILLO

## Serie de Calidad y Estadística Industrial

# Metodología y herramientas para la solución de problemas y para la mejora continua

Octavio Estrada Castillo



La Escuela de Atenas, pintura al fresco, 1510-1512, Rafael Sanzio (1483-1520). (2020). [Elaborada siguiendo la proporción divina]. [https://es.wikipedia.org/wiki/La\\_escuela\\_de\\_Atenas](https://es.wikipedia.org/wiki/La_escuela_de_Atenas)

La escuela de Atenas muestra a los filósofos, científicos y matemáticos más importantes de la época clásica, personajes como Zenón de Elea, Epicuro, Averroes, Pitágoras, Parménides, Sócrates, Heráclito (pintado como Miguel Ángel), Platón (pintado como Leonardo da Vinci), Aristóteles, Diógenes, Euclides, Arquímedes, hasta el propio autor de la pintura en el extremo derecho de la imagen con un manto de color blanco.

**FUENTE:** [https://es.wikipedia.org/wiki/La\\_escuela\\_de\\_Atenas](https://es.wikipedia.org/wiki/La_escuela_de_Atenas)

ESTRADA CASTILLO, Octavio.  
*Metodología y herramientas para la solución  
de problemas y para la mejora continua*  
Universidad Nacional Autónoma de México,  
Facultad de Ingeniería, 2021, 135 p.

ISBN 978-607-30-6209-1

---

**METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS PARA LA SOLUCIÓN  
DE PROBLEMAS Y PARA LA MEJORA CONTINUA**

Primera edición electrónica  
de un ejemplar (6 MB) en formato PDF  
Publicado en línea: 25 de julio de 2022

D.R. © 2022, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
Avenida Universidad 3000, Col. Universidad Nacional Autónoma de México,  
Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, Ciudad de México, C.P. 04510

FACULTAD DE INGENIERÍA  
<http://www.ingenieria.unam.mx/>

ISBN 978-607-30-6209-1

Esta edición y sus características son propiedad de la Universidad Nacional Autónoma de México. Prohibida la reproducción o transmisión total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.



Hecho en México.

---

UNIDAD DE APOYO EDITORIAL  
Cuidado de la edición: Patricia Eugenia García Naranjo  
Diseño editorial: Nismet Díaz Ferro

*«Nunca consideres el estudio  
como una obligación sino como una  
oportunidad para penetrar en el bello  
y maravilloso mundo del saber»*

*Albert Einstein*

## Prólogo

Desde 1988 he estado inmerso en la práctica profesional de la Ingeniería, particularmente, en la industria manufacturera, y en específico, en el área de Calidad y Estadística Industrial. Paralelamente, he hecho una trayectoria académica como profesor en la Facultad de Ingeniería de la UNAM desde hace más de 35 años. He impartido más de 25 asignaturas diferentes de matemáticas, física, computación, probabilidad, estadística, investigación de operaciones y calidad. Me ha tocado laborar en el sector público federal también.

Siempre he tenido la inquietud de escribir textos sobre las asignaturas en las que he participado, pero generalmente he tenido cargos académico-administrativos en la administración central de la UNAM o en la propia Facultad, que no me dejaban dedicarme a esta noble y gratificante labor. Ahora que me integro completamente como profesor de carrera en el área de calidad, investigación de operaciones y estadística industrial, he llevado a la praxis este deseo.

Este es el segundo libro de una serie sobre Calidad y Estadística Industrial, que tendrá, al menos, los siguientes títulos:

- I. Desarrollo histórico de la calidad.
- II. Metodología y herramientas para la solución de problemas y para la mejora continua.
- III. Fundamentos de probabilidad y aplicaciones con R, Minitab y Excel.
- IV. Fundamentos de estadística y aplicaciones con R, Minitab y Excel.
- V. Muestreo de aceptación y aplicaciones con R, Minitab y Excel.
- VI. Control estadístico de procesos y aplicaciones con R, Minitab y Excel.
- VII. Normatividad vigente sobre sistemas de calidad.
- VIII. Metrología, certificación de producto y certificación de software.
- IX. Teoría del muestreo.
- X. Estadística no paramétrica.
- XI. Diseño de experimentos.
- XII. Regresión y correlación.
- XIII. Confiabilidad.

- XIV. Estadística Multivariable.
- XV. Procesos Estocásticos.

El propósito de estos libros es proporcionar la teoría necesaria, la metodología, las herramientas, ejemplos y aplicaciones prácticas de cada uno de los temas, de una manera formal, dinámica, amena y didáctica. Quisiera remarcar que en estos libros hablo de mis conocimientos y experiencia en el apasionante tema de la calidad, la probabilidad y la estadística y que traté de apegarme lo más posible a citar a los autores originales de estas ideas, pero no debe olvidarse que se trata de un texto dirigido a alumnos, por lo cual no lleno de citas el texto para hacerlo más didáctico.



**OBJETIVO  
DE ESTE LIBRO:**

El alumno examinará las técnicas creativas y participativas que se emplean en el análisis y solución de problemas en sistemas productivos y en procesos de mejora continua.

## Índice temático

Prólogo.....	4
Objetivo del libro .....	5
Índice temático.....	6
1 ¿Qué es la Investigación?.....	8
2 Modelo de investigación de Russell Lincoln Ackoff (1919-2009) .....	10
3 Modelo de investigación de Peter Checkland (1930) .....	14
4 Modelo IAP de investigación de Ezequiel Ander-Egg (1930). .....	16
5 Proceso de mejora continua y ciclo PHVA de solución de problemas ..	20
6 Círculos de calidad.....	30
7 ¿Cómo organizar reuniones de trabajo que funcionen?.....	36
8 Estratificación .....	39
9 Hojas de verificación («checksheet» y «checklist»).....	41
10 Lluvia de ideas .....	44
11 Diagramas de afinidad.....	46
12 Selección de problemas .....	50
13 Diagrama de Pareto .....	51
14 Diagrama de Ishikawa .....	57
15 Diagrama por qué -por qué .....	59
16 Diagrama cómo – cómo .....	60
17 Diagrama de dispersión .....	61
18 Diagrama de relaciones.....	64
19 Diagramas sistemáticos.....	68
20 Diagrama de matriz.....	71
21 Diagrama de flechas.....	75
22 Modelado de procesos.....	78
23 QFD: Despliegue de la función de calidad (Quality Function Deployment).....	82
24 Análisis del modo y efecto de la falla (AMEF) .....	95

25	Manufactura esbelta y seis sigma . . . . .	107
25.1	¿Qué significa agregarle valor a un producto? . . . . .	107
25.2	Manufactura flexible, esbelta o ajustada. . . . .	108
25.3	Enfoque seis sigma . . . . .	109
25.4	Las cinco S (5'S). . . . .	113
25.5	Ciclos DMAIC y DMADV . . . . .	117
25.6	TRIZ. . . . .	123
25.7	Poka Yoke . . . . .	126
25.8	Análisis comparativo o benchmarking. . . . .	128
	Ejercicios . . . . .	130
	Bibliografía . . . . .	133

## 1. ¿Qué es la investigación?

La investigación es esencialmente una actividad o proceso orientado básicamente a dos fines: la extensión del conocimiento y la solución de un problema. Las características que definen su naturaleza se describen a continuación:

- a) Puede tomar una variedad de formas.
- b) Debe ser válida:
  - » Validez interna: extensión para la cual los resultados pueden ser exactamente interpretados;
  - » Validez externa: extensión para la cual los resultados pueden ser generalizados a poblaciones y condiciones.
- c) Debe ser confiable; la confiabilidad de la investigación tiene que ver con la replicabilidad y la consistencia de los métodos, condiciones y resultados.
- d) Debe ser sistemática. Los pasos que se aplican generalmente son los siguientes:
  - i) Identificar problema.
  - ii) Revisar información existente.
  - iii) Coleccionar datos.
  - iv) Analizar datos.
  - v) Emitir conclusiones.

La investigación, según Ezequiel Ander-Egg<sup>(1)</sup>, es un procedimiento reflexivo, sistemático, controlado y crítico que permite descubrir nuevos hechos o datos, relaciones o leyes, en cualquier campo del conocimiento humano. La investigación social es el proceso que, utilizando la metodología científica, permite obtener nuevos conocimientos en el campo de la realidad social.

El plan de investigación, según Claire Selltiz<sup>(2)</sup>, es todo el esquema o programa de la investigación, que incluye una secuencia completa de todas las cosas que el investigador hará, desde escribir las hipótesis y sus implicaciones

operacionales hasta el análisis final de los datos y la presentación de recomendaciones y soluciones al problema planteado. La estructura de la investigación es más específica, es el paradigma de la operación y manejo de variables; esto es, cuando se realiza un diseño que incluye la totalidad de las variables y su relación y yuxtaposición, se está construyendo un esquema estructural para el cumplimiento operacional de los propósitos de la investigación.

Finalmente, la estrategia se refiere a los métodos que son usados para obtener y analizar los datos; en otras palabras, la estrategia implica cómo serán alcanzados los objetivos de la investigación y cómo serán resueltos los problemas que se presenten en el transcurso de la misma.

## 2. Modelo de investigación de Russell Lincoln Ackoff<sup>(3)</sup> (1919-2009)

**FIGURA 1.** Russell Lincoln Ackoff

**NOTA:** Russell L. Ackoff. (2020).  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Russell\\_L.\\_Ackoff](https://es.wikipedia.org/wiki/Russell_L._Ackoff)



Russell Lincoln Ackoff fue un pionero y promotor del enfoque de sistemas y la investigación de operaciones aplicada al campo de las ciencias administrativas y, según sus propias palabras, un solucionador de problemas.

En el modelo de investigación de Ackoff se resalta la necesidad de comprender la naturaleza de los cambios en forma global y no parcial, para lo cual se debe desarrollar una mejor visión del mundo en concordancia con los métodos de su época. Russell aborda la necesidad de la planeación al expresar que cuando no se planea no se puede evitar que nos alcance la planeación de los otros, por ello el lema es planear o ser planeado.

Expuestas en forma esquemática las consideraciones esenciales de un plan general de investigación, según Russell L. Ackoff, son:

1. Definición del problema.
  - a. Presentación clara con afirmaciones breves del problema, incluyendo conceptos definidos donde fuere necesario.
  - b. Mostrar que el problema está limitado por restricciones susceptibles de tratamiento o prueba.
  - c. Describir la importancia del problema con referencia a uno o más de los siguientes criterios:
    - » Es oportuno.
    - » Está relacionado con un problema práctico.

- » Se refiere a una amplia población.
  - » Se refiere a una población que es factor real de poder o que se encuentra en una situación crítica.
  - » Llena una laguna de investigación.
  - » Permite generalizaciones aplicables a amplios principios de interacción social o teoría general.
  - » Esclarece la definición de un concepto o relación importante.
  - » Tiene muchas implicaciones para un amplio rango de problemas prácticos.
  - » Puede crear o mejorar un instrumento para la observación y el análisis de los datos.
  - » Proporciona posibilidades para una exploración fructífera con técnicas conocidas.
2. Marco teórico de trabajo.
- a. Describir la relación del problema con un marco teórico de trabajo.
  - b. Demostrar la relación del problema con investigaciones anteriormente realizadas.
  - c. Presentación de hipótesis alternativas consideradas factibles dentro del marco teórico de trabajo.
3. Las hipótesis.
- a. Establecer claramente las hipótesis seleccionadas para la prueba.
  - b. Indicar la importancia de las hipótesis probadas en el avance de la investigación y la teoría.
  - c. Definir conceptos o variables (preferentemente en términos operacionales):
    - » Deben distinguirse entre sí las variables dependientes de las independientes.
    - » Especificar las escalas en las que las variables se van a medir (cuantitativas, semicuantitativas, cualitativas).
    - » Describir los posibles errores y sus consecuencias.
    - » Anotar la gravedad de posibles errores.
4. Diseño del experimento.
- a. Describir el diseño ideal o diseños ideales, con especial atención al control de variables intervinientes.
  - b. Describir el diseño operacional seleccionado.

- » Describir los estímulos, sujetos, medio ambiente y respuestas, en función de los objetivos, eventos y propiedades necesarias para su especificación.
  - » Describir cómo se llevará a cabo el control de variables intervinientes.
  - c. Especificar las pruebas estadísticas, incluyendo las tablas que se utilizarán en cada prueba.
    - » Especificar el nivel de confianza deseado.
5. Procedimiento de muestreo.
- a. Describir las muestras experimentales y de control.
    - » Especificar para qué población serán aplicables las hipótesis.
    - » Explicar y determinar el criterio a seguir para establecer el tamaño y tipo de la muestra.
  - b. Especificar el método de sorteo o selección de la muestra.
    - » Especificar la importancia relativa del error de muestreo.
    - » Estimar los costos relativos para varios tamaños y tipos de muestras admitidos por la teoría.
6. Técnica de obtención de datos.
- a. Describir las variables cuantitativas mostrando la validez que tengan dentro del fenómeno estudiado. Describir los medios de identificación de las variables cuantitativas.
  - b. Incluir lo siguiente en la descripción de cuestionarios o cédulas, si son usados en la investigación:
    - » Número aproximado de preguntas que se van a hacer mediante el cuestionario.
    - » Tiempo necesario para la entrevista.
    - » Pruebas preliminares de la entrevista y resultados.
  - c. Incluir lo siguiente en la descripción del procedimiento de la entrevista, si esta es usada:
    - » Medios para obtener la información. Por ejemplo: por entrevista directa toda, o en parte, por correo, teléfono u otros medios.
    - » Características particulares que deben poseer los entrevistadores o impartir cierto tipo de enseñanza antes de la encuesta.
  - d. Describir el uso que se va a hacer del estudio piloto, las pruebas preliminares.
    - » Importancia del control de los rechazos, error de las respuestas, falsa información.

7. Guía de trabajo.
  - a. Preparar la guía de trabajo con las estimaciones de tiempo y presupuesto.
    - » Planeación.
    - » Estudio piloto y pruebas preliminares.
    - » Diseño de la muestra.
    - » Preparación de los materiales de observación.
    - » Selección y entrenamiento del personal.
    - » Plan experimental.
    - » Revisión de los planes.
    - » Recolección de los datos.
    - » Procesamiento de los datos.
    - » Preparación del informe final.
  - b. Estimar el total de horas hombre y costos.
8. Análisis de los resultados.
  - a. Técnicas específicas de análisis.
    - » Uso de tablas. Calculadoras, computadoras, etcétera.
    - » Uso de las diferentes técnicas estadísticas.
    - » Uso de técnicas gráficas.
    - » Tipo específico de tablas que se van a construir.
9. Interpretación de los resultados.
  - a. Examinar en qué forma se comprobarán las conclusiones y mejorarán la teoría.
10. Publicación de los resultados.
  - a. Escribir los resultados, de acuerdo con lo requerido por el consumidor de la investigación.
  - b. Seleccionar parte de los resultados para su publicación, tratando de que sean los más importantes para el problema, presentándolos en lenguaje claro y conciso.

### 3. Modelo de investigación de Peter Checkland<sup>(4)</sup> (1930)

**FIGURA 2.** Peter Checkland

**NOTA:** Peter Checkland. (2016). <http://topologiamatematicasrelacional.blogspot.com/2016/05/peter-checkland.html>



Peter Checkland (1930) es un científico británico de gestión y profesor de sistemas en la Universidad de Lancaster; en sus orígenes fue ingeniero químico y laboró como administrador en esta industria por más de 15 años; posteriormente, se incorporó al departamento pionero de Ingeniería de Sistemas en la Universidad de Lancaster, donde posteriormente se convirtió en profesor e investigador de sistemas.

En una parte considerable de las dificultades presentes en los sistemas productivos, el tiempo que invierten sus directivos y administradores se debe a que desconocen cuál es el problema; además, en ocasiones no se le da la debida importancia al hecho de que existen diversos puntos de vista, con interpretaciones alternativas en pugna o no coincidentes, no únicamente técnicas o lógicas, sino también políticas, de poder, de personalidad, etcétera.

En tales casos, un enfoque a seguir puede ser el Método de Sistemas Suaves (MSS) de Checkland, el cual tiene como estructura básica la siguiente.

1. Detectar la situación considerada como problemática (desde diversos puntos de vista: cultural, económico, político, social, etcétera).

2. Expresar la situación problemática.
3. Formular definiciones raíz de sistemas relevantes. Descripción breve y precisa sobre clientes (víctimas o beneficiarios), actores (empleados), procesos (transformaciones de entradas en salidas), cuál es la visión del mundo que hace que estas definiciones sean útiles («Weltanschauung»), quiénes pueden parar estas actividades (decisores) y qué restricciones existen.
4. Construir modelos conceptuales de los sistemas mencionados en las definiciones raíz, de acuerdo con el siguiente procedimiento:
  - a. Establecer el conjunto de actividades primarias o generales que, desde un punto de vista lógico, se requieren para llevar a cabo el proceso de transformación contenido en las definiciones raíz.
  - b. Establecer las relaciones entre las distintas actividades (relaciones de dependencia lógica y flujos de información, materiales financieros, etcétera).
  - c. Desarrollar en subsistemas hasta alcanzar el nivel de detalle requerido.
  - d. Establecer qué se requiere, cuál es la fuente, en qué forma se requiere, con qué frecuencia, etcétera.
5. Comparar los modelos con las acciones del mundo real.
6. Definir los cambios posibles, los cuales deben ser deseables y factibles.
7. Empezar acciones para mejorar la situación problemática.

## 4. Modelo IAP de Investigación de Ezequiel Ander-Egg <sup>(5)</sup> (1930)

**FIGURA 3.** Ezequiel Ander-Egg



Ezequiel Ander-Egg (1930), nació en Bernardo Larroudé, provincia de La Pampa; es un pedagogo, filósofo, sociólogo y ensayista argentino. Ha sido consultor de las Naciones Unidas en planificación nacional y local y de la UNESCO en política cultural y animación sociocultural; ha publicado artículos sobre trabajo social, realizando aportes teóricos y de praxis sobre este tema. Su producto intelectual más paradigmático es la metodología del desarrollo de la comunidad.

A finales de la década de 1960, las críticas que hacen algunos investigadores, como Ezequiel Ander-Egg, a los métodos tradicionales de investigación social giraban en torno a cuatro cuestiones principales:

1. Complicaciones metodológicas innecesarias para conocer algunos aspectos de la realidad social.
2. Abusar del uso de la encuesta como procedimiento de recopilación de datos.
3. Posponer el momento de la acción en los procedimientos tradicionales de investigación en ciencias sociales. Al respecto se señalan tres razones principales:

- a. Parte de los problemas y necesidades de una comunidad son demasiado evidentes y urgentes.
  - b. El investigador puede predisponer adversamente a la comunidad.
  - c. Parece existir un «superávit» de investigaciones y un «déficit» de ejecución.
4. Depositar la información y conocimiento en manos de expertos y técnicos exclusivamente.

No basta que se creen espacios y posibilidades de participación, es necesario que las personas tengan instrumentos y medios para hacerlo. Se requieren establecer formas de transferencia de información y conocimientos, de modo que los involucrados pueda actuar de manera activa.

Ezequiel Ander-Egg describe los tres términos con que se compone esta denominación:

1. Como Investigación, se trata de un procedimiento reflexivo, sistemático, controlado y crítico que pretende estudiar algún aspecto de la realidad, con una expresa finalidad práctica.
2. Como Acción indica que la forma de realizar el estudio es ya un modo de intervención y que el propósito de la investigación está orientado a la acción, siendo ella a su vez fuente de conocimiento.
3. Como Participación, es una actividad en cuyo proceso están involucrados y comprometidos tanto los investigadores como las mismas personas destinatarias del programa.

Asimismo, dicho autor enumera las siguientes características de la IAP:

- a. El objetivo del estudio se decide a partir de los problemas que las personas involucradas consideran importantes porque tienen que ver con cuestiones que les conciernen directamente.
- b. La finalidad última del estudio (el para qué) es la transformación de la situación problemática que afecta a la gente involucrada.
- c. Existe una estrecha interacción/combinación entre la investigación y la práctica; entre el proceso de investigación y la acción interventora.
- d. La IAP se fundamenta en el supuesto de que las personas destinatarias del programa son el principal agente de cambio social el cual será más viable si estas tienen mejor comprensión de su situación.

- e. Supone la superación de toda forma de relaciones dicotómicas jerarquizadas entre el investigador que aporta su caudal teórico y metodológico y las personas involucradas que contribuyen con sus experiencias, vivencias y conocimientos existenciales de su propia realidad.
- f. Exige formas de comunicación entre iguales.
- g. Supone un compromiso efectivo y declarado del investigador con las personas involucradas en el programa.
- h. Se aplica a escala microsocia.

Ezequiel Ander-Egg, establece que el método IAP consta de las siguientes fases:

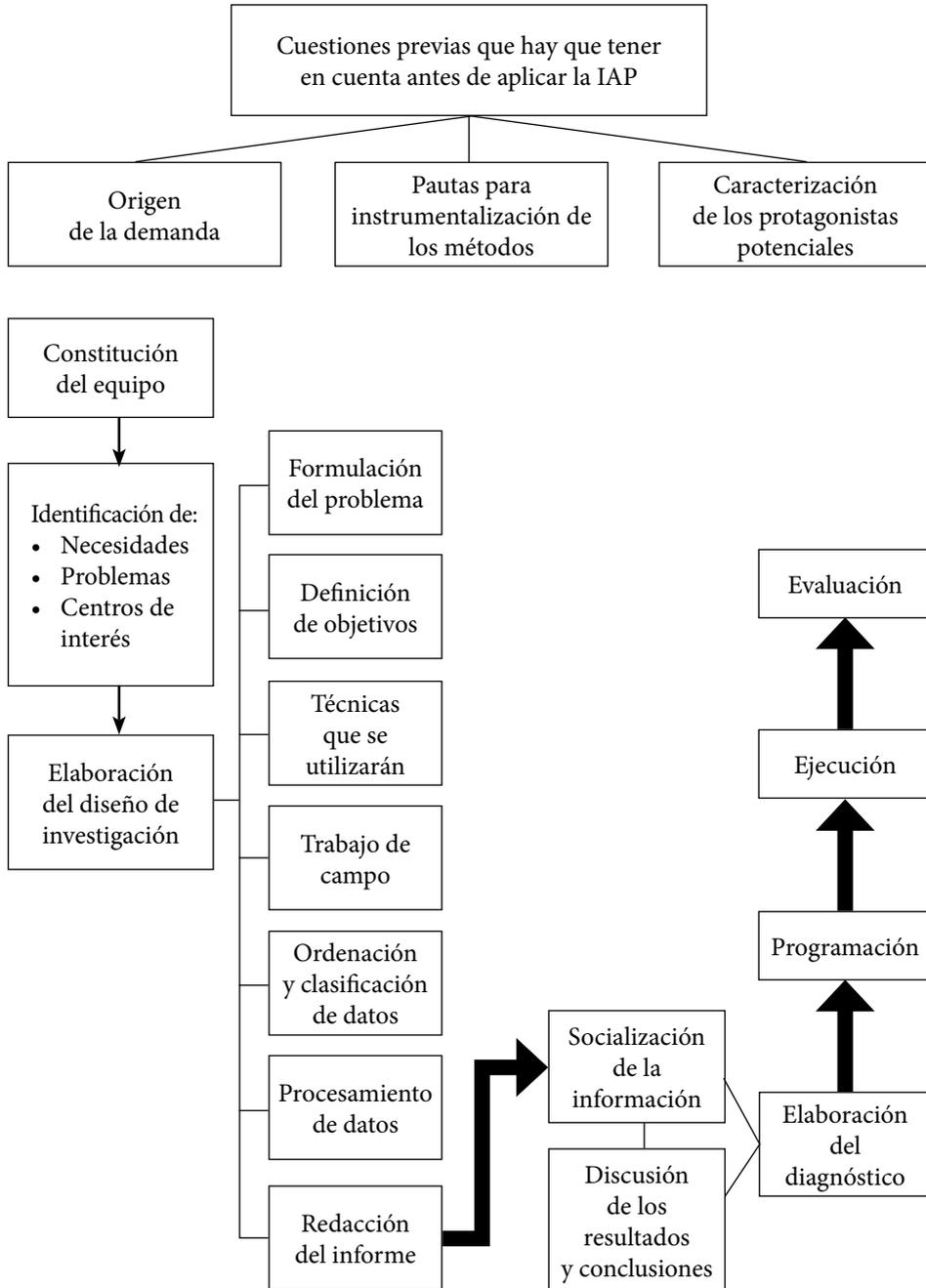
- A. Constitución del equipo.
- B. Diseño de la investigación.
- C. Proceso de investigación:
  - 1. Identificación de necesidades básicas, problemas y centros de interés.
  - 2. Formulación del problema.
  - 3. Técnicas para recoger datos y obtener información.
  - 4. Trabajo de campo, recolección de datos.
  - 5. Ordenación y clasificación de la información.
  - 6. Análisis e interpretación de datos.
  - 7. Redacción del informe preliminar.
  - 8. Socialización de la información.
  - 9. Elaboración del diagnóstico.
  - 10. Elaboración del programa o proyecto.
  - 11. Formación de equipos y/o grupos de trabajo.
  - 12. Desarrollo de actividades.
  - 13. Control operativo.

Esta secuencia de pasos se muestra en la figura 4.

Antes de la realización de una IAP se requiere llevar a cabo una serie de tareas que dependen de ciertos factores o circunstancias condicionantes:

- » Tipo de proyecto a realizar y magnitud del mismo.
- » Tipo de institución patrocinante y agente externo (investigador y/o promotor) que ha de intervenir.
- » Necesidades y problemas que originan el programa.
- » Características del grupo destinatario del programa.

FIGURA 4. Esquema del Método IAP



NOTA: Esquema del Método IAP. Ander-Egg, Ezequiel. Repensando la Investigación-Acción Participativa. Ed. Lumen Hvmánitas, 2003. Página 3

## 5. Proceso de Mejora Continua y Ciclo PHVA de Solución de Problemas

Si se aborda la investigación para la solución de problemas en el ámbito de las organizaciones y en particular para mejorar los procesos, es necesario considerar que no se pueden aplicar estrictamente todos los pasos que indica el método científico tradicional. La fase de experimentación podría llevar a la quiebra a una empresa. De allí que sea necesario orientar la metodología científica y adecuarla a la solución de problemas en una organización.

La mejora continua es un proceso para investigar las causas raíz de problemas y/o productos no conformes, analizar procesos, operaciones de trabajo, registros de calidad, reportes de servicio y quejas con el fin de implantar acciones correctivas y/o de mejoramiento, que eviten la recurrencia y minimicen los efectos de los problemas.

El método que se va a plantear a continuación se basa en el ciclo PHVA (PDCA por sus siglas en inglés) de Shewhart<sup>(6)</sup>, el cual consta de cuatro fases que le dan su nombre: P de Planear, H de Hacer, V de Verificar y A de actuar para controlar. Es más conocido como ciclo de Deming porque fue quien lo difundió y aplicó durante su estancia en Japón. Es un procedimiento reflexivo, crítico y sistematizado que tiene como objetivo detectar fallas, establecer alternativas de solución y acciones correctivas y/o de mejoramiento, y, mantener y mejorar la calidad de los procesos productivos.

Se explican a continuación cada una de las fases y etapas a seguir.

### 1. Definir productos y/o servicios de salida

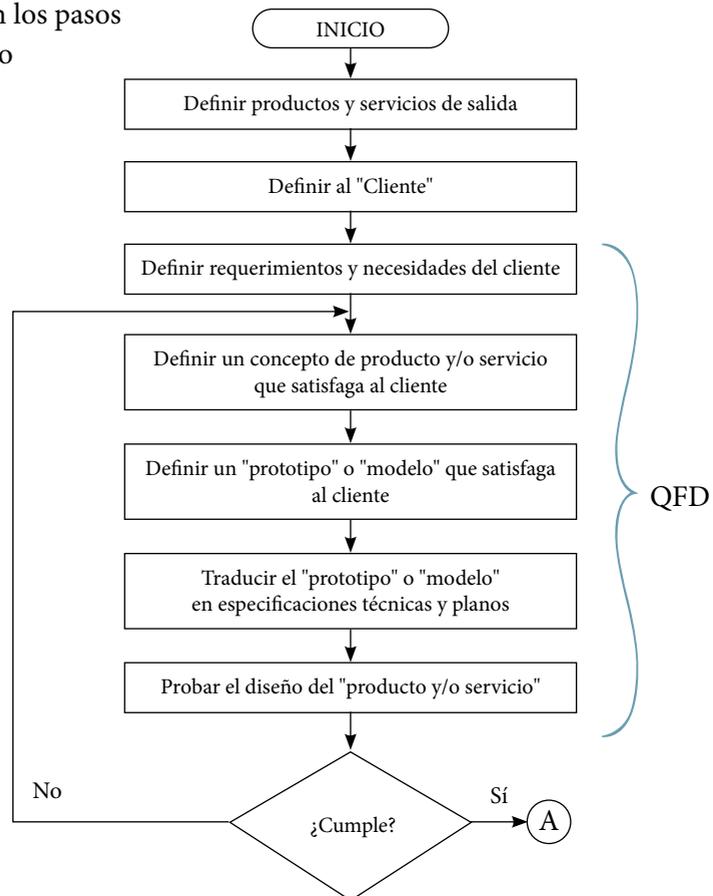
Para una organización es vital conocer qué atributos, sobre el producto y/o servicio a ofrecer, tienen mayor relevancia para el cliente. En este sentido, es importante describir las líneas de productos o servicios que ofrece y las características fundamentales de los mismos. Además de los atributos físicos y funcionales es

preciso tener en cuenta los atributos psicológicos que forman parte de dichos productos y/o servicios.

Es preciso dar respuesta a las siguientes preguntas: ¿qué necesidad resuelve el producto y/o servicio demandado?, ¿por qué, en qué momento y dónde satisface esa necesidad?, ¿cómo se satisface la necesidad?, ¿qué necesidades no cubre el producto y/o servicio que se ofrece?

En la figura 5 se listan los pasos a seguir en un proceso de mejora continua.

**FIGURA 5A.** Proceso de Mejora Continua



Es importante conocer a los competidores y lo que ofrecen en el sector del mercado donde se participa. Conviene elaborar un análisis comparativo (benchmarking) del producto y/o servicio con la oferta existente en el mercado, para extraer las características similares o semejanzas con la oferta existente, así como las ventajas competitivas frente a la competencia. Si lo estima necesario, considere aquello en que hayan tenido éxito, pero tratando de diferenciarse en algo; reúna la máxima información que pueda sobre ellos y estudie su

posicionamiento, tanto desde el punto de vista de las funciones de uso de sus productos o servicios, como desde el de su elaboración física o acondicionamiento, estudie su publicidad, sus productos y sus estrategias.

Esto es lo básico que se necesita conocer para definir al cliente, pero también hay que responder algunas preguntas necesarias antes de definir a los clientes objetivo (fuente: Min Shun, Yi. <http://canarias-digital.com/definir-clientes-objetivo-en-marketing/>, 2016):

- ¿Quiénes serán los clientes o consumidores finales?
- ¿En cuántos clientes se enfocará la organización?
- ¿Dónde se pueden ubicar a los consumidores?
- ¿Qué necesidades tienen los clientes?
- ¿Cuáles son los hábitos de compras del cliente?
- ¿Cómo se pueden satisfacer las necesidades del cliente?
- ¿Cuáles son las marcas que satisfacen actualmente esas necesidades?
- ¿Cuáles son los productos o servicios que ofrece la competencia al cliente objetivo?
- ¿Cómo adquieren el producto o servicio?
- ¿Cuál es el costo que debe pagar el cliente por el producto o servicio?
- ¿Cuál es el grado de dependencia de los clientes con las marcas actuales?
- ¿Cómo se puede hacer llegar el producto y/o servicio a los clientes?
- ¿Cuáles son los medios de comunicación donde más interactúan los clientes?
- ¿Qué factores son más valorados por los clientes: precio, calidad, servicio posterior a la venta, atención al cliente, promoción, entre otros?
- ¿Cuáles son las razones por las que estos clientes quieren adquirir los productos y no los de la competencia?

## 2. Definir las necesidades y requerimientos de los clientes

**FUENTE:** Jiménez, Carlos. <https://www.carlosjimenez.info/5-formas-de-conocer-las-necesidades-de-los-clientes/>, 2018

Para conocer las necesidades de los clientes se puede aplicar alguno de los siguientes métodos:

- a) Investigaciones de mercado (encuestas, sesiones de grupo, etcétera). Son investigaciones primarias que buscan conocer el comportamiento de los consumidores e identificar sus necesidades. Generalmente las empresas contratan un proveedor externo para que las ejecute.

- b) Investigaciones secundarias. En muchos mercados es posible comprar reportes elaborados por agencias de investigación y consultores que proveen información útil para conocer a los clientes.
- c) Minería de datos (data mining). Consiste en la aplicación de técnicas estadísticas y computacionales a grandes volúmenes de datos de los clientes. Analizar los datos del perfil de los clientes y sus transacciones permite obtener información valiosa para conocer su comportamiento e inferir sus necesidades.
- d) Medios sociales. Muchas empresas están utilizando los medios sociales para conocer el comportamiento y las opiniones de sus clientes. Este conocimiento se deriva de una observación pasiva o incluso de la formulación de preguntas directas. También se populariza el monitoreo de conversaciones mediante el uso de plataformas tecnológicas.
- e) Interacciones directas. La última de la lista, y no menos importante, es la interacción directa con los clientes. Conviene frecuentar los puntos de venta con regularidad para ver a los clientes y así comprender muchas de sus necesidades.

### 3. Definir un concepto de producto que satisfaga al cliente

Se debe analizar con detalle cómo satisface el producto una necesidad del mercado. A este proceso se le conoce como desarrollo del concepto del producto. El producto debe tener una serie de características o atributos que lo identifiquen y, preferiblemente, lo diferencien de los demás que compiten por satisfacer la misma necesidad.

El concepto de producto debe definir (fuente: Chauvin, Silvia. <http://www.mujeresdeempresa.com/analisis-del-producto-o-servicio-a-ofrecer/>, 2014):

- » El público objetivo: a qué segmento del mercado va dirigido: hombres, mujeres, pequeñas empresas, etcétera.
- » Beneficios que aporta: qué necesidad de este público satisface.
- » Tipo de producto: clasificar el producto.
- » Nivel de precio: si será un producto de bajo costo o de precio elevado, por encima de la media del sector o en la media, etcétera.
- » Forma de utilización o consumo: cuándo se usará, en qué ocasiones, por quién, dónde.

- » Integración en la gama de productos: ¿es el producto coherente con el resto de productos de la empresa?, ¿es nuestro producto de consumo?, ¿es de alta calidad?, etcétera.

#### 4. Definir un prototipo o modelo que satisfaga al cliente

Una vez aprobado, el proyecto pasa a la Ingeniería del producto y del proceso. En esta etapa se realizan la mayoría de las actividades de diseño de detalle y de desarrollo del producto, así como de los procesos productivos necesarios para la fabricación y posterior lanzamiento al mercado.

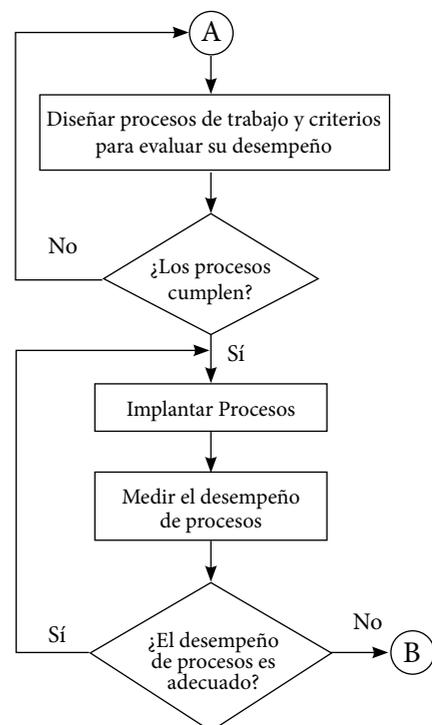
Se procede a la fabricación de prototipos y a la simulación del proceso de fabricación, tratando de detectar posibles deficiencias tanto del nuevo producto como de su proceso de fabricación.

#### 5. Probar el diseño del producto y/o servicio

En esta etapa se realizan las pruebas y evaluación correspondientes a los diseños resultantes de la cuarta etapa. Posteriormente, se procede a la realización de pruebas que permiten simular las condiciones reales de mercado, bien sea en un laboratorio (pretest de mercado) o bien en una pequeña zona del mercado al que se va a dirigir el producto (pruebas alfa de mercado), con objeto de seleccionar la estrategia de lanzamiento más adecuada y realizar una previsión de la cifra de ventas.

Una herramienta que se recomienda utilizar para las etapas tres a la seis es la denominada Despliegue de la Función de Calidad, abreviada como QFD por sus siglas en inglés, la cual se describe en el apartado 2.23.

FIGURA 5B. Continuación del Proceso de Mejora Continua



## 6. Diseñar procesos de trabajo y criterios para evaluar su desempeño

Para llevar a efecto esta etapa se propone aplicar el enfoque de Modelado de Procesos, el cual se describe en el apartado 2.22.

## 7. Documentar los procesos principales de la organización

- a) Conviene tener una guía o procedimiento maestro para elaborar procedimientos.
- b) Se deben establecer procedimientos de trabajo que contemplen los siguientes puntos:
  - » Secuencia de operaciones.
  - » Tipos de equipo.
  - » Ambiente especial de trabajo.
  - » Métodos de trabajo.
  - » Almacenamiento de productos en proceso.
  - » Materiales.
  - » Identificación y rastreabilidad del producto y de los materiales.
  - » Características y tolerancias.
  - » Puntos de control, prueba e inspección.
  - » Instrumentos de medición y prueba.
  - » Instructivos.
  - » Registros de medición y prueba.
  - » Manejo y transporte del producto.
  - » Empaque, estiba, embarque y entrega.
  - » Forma de proceder ante no conformidades.
  - » Acciones preventivas y correctivas.
- c) Evaluación ex ante de procesos y procedimientos. Los criterios a considerar se pueden resumir en las siguientes cualidades: i) pertinencia; ii) coherencia; iii) eficacia; iv) eficiencia; v) sostenibilidad; y, vi) evaluabilidad.

## 8. Implantar procesos de trabajo

## 9. Evaluar el desempeño de los procesos principales (evaluación expost)

Si el desempeño de los procesos principales no es el adecuado, se requiere aplicar el Ciclo PHVA para la solución de problemas. Las fases del ciclo PHVA se explican a continuación:

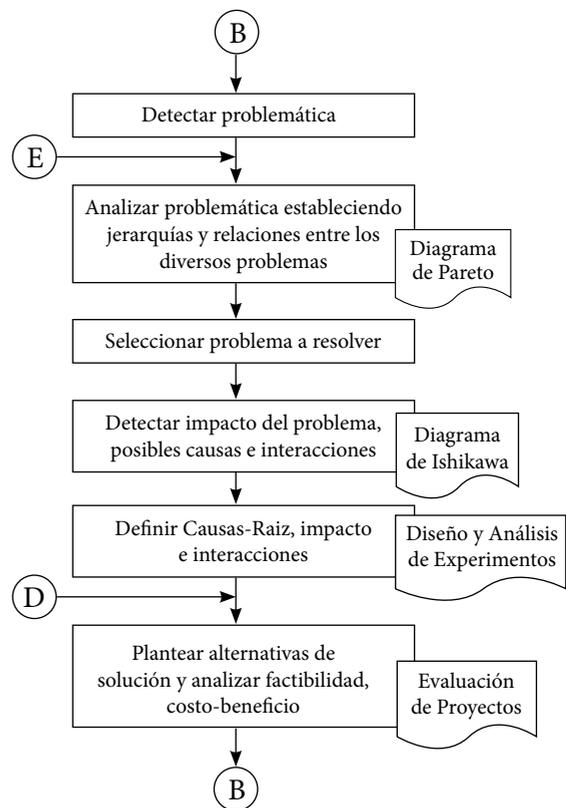
**P: Planear.** Definir los requerimientos de calidad y determinar los indicadores que permitirán hacer el seguimiento del logro planeado, incluyendo el análisis y diseño del mejoramiento continuo. Las etapas de las que consta esta fase son:

## 10. Detectar problemática

Una problemática es una colección difusa, «nebulosa» o «neblinosa» de problemas que impactan a un proceso y que pueden estar relacionados o ser independientes entre sí.

Los problemas se detectarán a través de alguna o algunas de las herramientas «suaves» más conocidas, como pueden ser: tormenta o lluvia de ideas, análisis de campo de fuerza, técnica de grupo nominal, etcétera. También las técnicas estadísticas básicas pueden servir para detectarlos. Los diagramas de control estadístico de procesos son una excelente herramienta para detectar problemas en un proceso. En este punto se trata de discutir y documentar los puntos de vista individuales, los hechos comprobados y síntomas relevantes, hasta que todos los implicados acepten que existen problemas. Cabe señalar que después de aplicar una técnica divergente para recopilar ideas, es necesario aplicar una técnica convergente para agrupar las mismas; asimismo, es necesario detectar si existen relaciones entre ellos.

**FIGURA 5C.** Continuación del Proceso de Mejora Continua



## 11. Seleccionar problema a resolver

Una vez que se tenga un listado de problemas y sus relaciones, es necesario jerarquizarlos, asignándoles un nivel de importancia a cada uno. Existen técnicas para ponderar los problemas asignándoles un nivel de importancia a cada uno, para posteriormente, a través del Diagrama de Pareto, que será explicado más adelante, categorizar estos problemas en orden de importancia para establecer la secuencia en que serán resueltos y seleccionar al primero.

## 12. Definir problema a resolver

Detectar impacto del problema, efectos, síntomas, posibles causas e interacciones. Una vez seleccionado el problema específico que se requiera resolver, se deben definir los métodos de investigación que serán usados, las entrevistas de recolección de datos, las reuniones de intercambio de ideas, etcétera. En esta etapa se requiere definir perfectamente el problema que se va a resolver. Se deben contestar las siguientes preguntas: ¿cuál es el problema?, ¿cuál es el asunto central?, ¿en qué difiere la situación existente de la ideal?, ¿qué se quiere remediar o eliminar?, ¿en qué género de problema se está involucrado?

## 13. Determinar causas raíz

Se requiere jerarquizar las posibles causas que provocan el problema anteriormente seleccionado, tratando de establecer diferencias y relaciones entre ellas, utilizando alguna o una combinación de las siguientes técnicas: tormenta de ideas, análisis del campo de fuerza, tabla de incógnitas, análisis cronológico, diagrama de Ishikawa, o alguna otra técnica conocida. Se trata de identificar las causas que sean de mayor importancia (causas raíz), utilizando nuevamente el diagrama de Pareto o diagramas de correlación. En esta etapa puede ser necesario aplicar una técnica más poderosa y cuantitativa para determinar con certeza cuáles son las causas raíz del problema. Generalmente esta técnica es el diseño de experimentos en sus diversas modalidades: diseño clásico de experimentos de Fisher<sup>(7)</sup>, diseño de experimentos de Taguchi<sup>(8)</sup> o los métodos Shainin<sup>(9)</sup>.

## 14. Plantear alternativas de solución

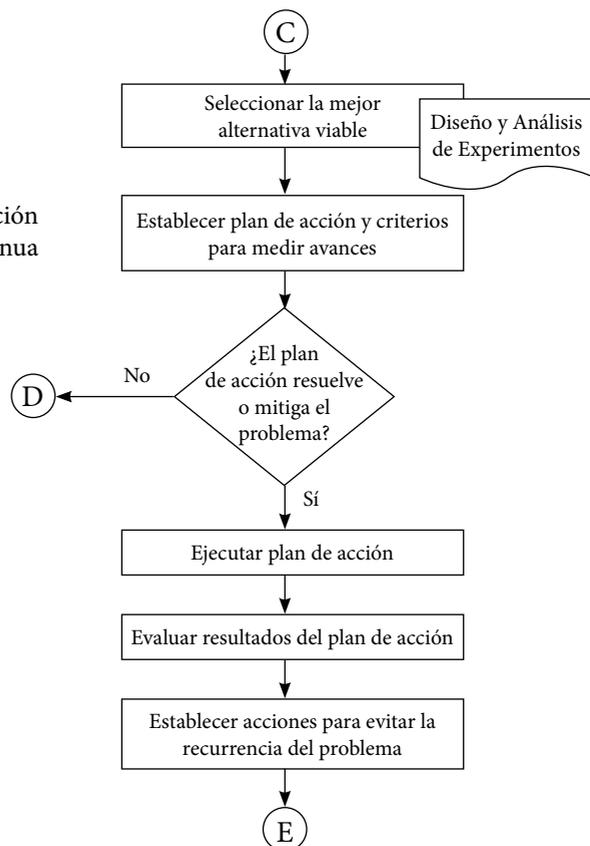
Analizar factibilidad, costo-beneficio, y seleccionar la más adecuada para los recursos limitados con los que se cuenta. Para llevar a cabo este paso se recomienda usar el análisis y evaluación de proyectos.

## 15. Establecer plan de acción y criterios para medir avances

Se trata de eliminar primero las causas que en el paso 13 fueron seleccionadas como las más importantes.

El Plan de Acción debe contestar las siguientes preguntas: ¿qué causa se va a eliminar?, ¿por qué es necesario eliminarla?, ¿quién será responsable de su eliminación?, ¿cuándo se iniciará y terminará su eliminación?, ¿cómo se eliminará?, ¿cuánto de la causa será eliminada a la fecha de terminación prometida?, ¿dónde se va a eliminar la causa? Conviene hacer una evaluación previa para determinar si el plan de acción va a dar los resultados que se esperan.

**FIGURA 5d.** Continuación del Proceso de Mejora continua



- H: Hacer.** Es ejecutar lo planeado, estrictamente como se planeó. En esta fase se trata de implantar lo planeado, informando a los involucrados y tratando de minimizar toda desviación de lo que se planeó en los pasos anteriores.
- V: Verificar.** Es obtener mediciones y evaluar los resultados obtenidos sobre las actividades planeadas y ejecutadas. Consiste en comparar los resultados del proceso contra los resultados esperados. Esta etapa, aparentemente sencilla demanda responsabilidad y sentido crítico. Las preguntas que deberán responderse en esta etapa son: ¿qué tanto se alcanzaron los resultados esperados?, ¿cuánto faltó, cuánto se excedió, o estuvo correcto?, ¿qué tanto se apartaron de la orientación original?, ¿fue benéfica, qué tanto?, ¿fue perjudicial, qué tanto?, ¿dónde se tuvieron disfunciones?, ¿cuáles fueron las causas de los desajustes?, ¿hubo nuevos impactos o reacciones y qué tan benéficos o perjudiciales fueron?, ¿siguen siendo válidos los resultados obtenidos?. En cualquiera de las herramientas estadísticas que se describirán posteriormente, se deberán observar los resultados de la mejora o eliminación de las causas del problema.
- A: Actuar para controlar.** Una vez eliminado el problema, es necesario prevenir la reincidencia de este. Se deben establecer los métodos y procedimientos necesarios que controlen la nueva forma de trabajo. Para llevar el control es necesario definir previamente un conjunto de indicadores a través de los cuales sea posible juzgar el estado actual del sistema, el avance logrado y cualquier otro factor que sea considerado clave para el buen funcionamiento del sistema; después de lo cual deberá ser diseñado e implantado un sistema de información para recabar, procesar y analizar los datos requeridos, así como para elaborar los informes pertinentes. Para esta etapa se debe planear e implantar cómo reaccionar ante posibles descontroles y cómo tomar acciones correctivas de acuerdo con los resultados de la evaluación y acciones preventivas para asegurar la permanencia en calidad y productividad.

Todo el proceso descrito anteriormente depende de la recolección, captura, procesamiento, presentación, análisis, inferencia y toma de decisiones de los datos del proceso productivo en estudio. Sin dichos datos no se podría llevar a cabo un proceso de mejoramiento continuo en ninguna organización.

La mejora continua es un proceso para investigar las causas raíz de problemas y/o productos no conformes, analizar procesos, operaciones de trabajo, registros de calidad, registros de servicio y quejas, con el fin de implantar acciones correctivas y/o de mejoramiento que eviten la recurrencia y minimicen los efectos de los problemas.

## 6. Círculos de Calidad

FUENTE: McGraw-Hill Biblioteca de Administración de la Pequeña y Mediana Empresa, Tomo 5, 1986

Uno de los precursores de los círculos de calidad fue el Dr. Kaoru Ishikawa. A partir de la publicación de la revista *Gemba-toQC*, cuyo primer número apareció en 1962, se empezaron las actividades de los círculos de calidad. Desde su nacimiento en 1962, los círculos de calidad tuvieron éxito y proliferaron rápidamente, contribuyendo notablemente al resurgimiento industrial del Japón, al mejorarse la calidad y la productividad en las empresas. Pero los círculos de calidad no solo funcionaron bien en fábricas; posteriormente se desarrollaron también en oficinas, bancos, almacenes, restaurantes, etcétera.

Los círculos de calidad son foros cuidadosamente estructurados que estimulan a los empleados a participar en las decisiones que afectan a sus labores. Se trata de una poderosa técnica motivacional que fomenta la creatividad, la inteligencia y la experiencia de cada uno de los participantes del círculo. Se basa en la premisa de que las personas que hacen un trabajo todos los días tienen más conocimientos sobre el mismo que cualquier otro individuo.

Cuando se les pregunta a los empleados qué hay que hacer en vez de decirles lo que deben hacer, ellos responden al desafío con mucho más que buenas ideas. La moral aumenta, y con ella, el espíritu colaborativo que motiva a los empleados a ser más productivos. Se sienten orgullosos de su trabajo; asumen responsabilidad personal en la productividad, en la calidad del producto y en la confiabilidad; hay menos resistencia al cambio porque ayudaron a iniciarlo; la comunicación entre gerencia y empleados mejora en forma sorprendente.

Un círculo de calidad se forma con un grupo de cuatro a diez empleados que realizan tareas similares y que voluntariamente se reúnen con regularidad, en horario laboral, para identificar las causas de los problemas de sus trabajos y proponer soluciones a la gerencia. La participación es voluntaria; se invita a los trabajadores, nunca se los obliga a formar un círculo. Quienes deciden no participar son informados de lo que hace el grupo y se les brinda la oportunidad de participar en actividades de apoyo.

El círculo se reúne normalmente una hora por semana. Lo ideal es que se reúna fuera del lugar de trabajo en una habitación preparada para este propósito. Cada círculo tiene un líder, que por lo regular es el supervisor, para conservar la misma estructura organizacional, aunque esto no es una regla y el líder podría ser uno de los trabajadores, normalmente el de mayor antigüedad.

La tarea del líder consiste en dirigir las reuniones, ayudar a resolver disputas, promover la participación de los integrantes del círculo y participar en la solución de problemas. Los líderes reciben capacitación y entrenamiento para dirigir las reuniones en forma tal que promueva el intercambio de ideas; un facilitador o conductor les enseña durante varios días las herramientas correspondientes. El líder es corresponsable, junto con el facilitador de lograr los resultados que se esperan del círculo.

El facilitador es un agente de cambio; tiene como responsabilidad planear las actividades para la implantación del programa; ayudar a la organización a convertirse gradualmente en una organización participativa, facilitar las reuniones de los círculos y promover sus actividades. En conjunto con el líder, planearán la presentación de los resultados de los círculos de calidad ante el comité directivo. El facilitador es también responsable de la capacitación de los miembros de los círculos.

Los miembros junto con el líder del grupo, son capacitados por el facilitador o un agente externo (asesor). Las áreas básicas de capacitación son las siguientes:

- » Recolección y análisis de información.
- » Solución de problemas.
- » Uso de las herramientas básicas de calidad.
- » Conocimientos básicos de calidad y productividad.
- » Elaboración de informes.

En una organización se pueden integrar varios círculos de calidad, por lo que requieren identificarse; cada círculo denomina de alguna forma a su grupo. Es conveniente que, desde las primeras reuniones, los integrantes de los círculos definan lo que se conoce como «código de conducta» y que son los lineamientos que los integrantes se comprometen a cumplir, por ejemplo, ser puntuales, no divagar, colaborar con los compañeros, no criticar negativamente las ideas de los demás, etcétera.

Cuando un círculo encuentra una solución a un problema, todavía se requiere la aprobación del comité directivo, por lo tanto, deberá tenerse una presentación ante este cuerpo directivo, donde se plantea la justificación de

haber atacado tal problema, la metodología usada para analizarlo, la solución propuesta para resolverlo y los resultados que se espera obtener.

Es importante remarcar que el círculo propone soluciones; no las implanta sin el consentimiento de la gerencia. No son de su incumbencia los problemas de personal, ni de relaciones industriales, así como tampoco discusiones sobre el buen o mal desempeño de ciertos individuos.

También, se requiere una persona que lleve el registro de los acuerdos que se vayan tomando, que documente el trabajo del círculo de calidad.

Es de gran beneficio que la dirección de la organización esté presente en las sesiones de presentación de los círculos y escuchar de viva voz de sus integrantes la explicación correspondiente. Esto tendrá un efecto positivo sobre el círculo, porque será prueba del interés real de la dirección en el programa. El comité directivo puede aceptar, rechazar o modificar la propuesta de solución.

Un círculo recién creado deberá centrarse sobre problemas simples del lugar de trabajo que ofrecen una alta probabilidad de éxito. Los logros tempranos crean confianza y experiencia, preparando al círculo para tratar proyectos más ambiciosos que pueden requerir la participación de otras secciones o círculos.

Se puede resumir el método de operación de los círculos de calidad en los siguientes puntos:

1. Integración de los círculos de calidad.
2. Análisis de la misión de la organización.
3. Descripción del cliente o usuario y de sus requerimientos.
4. Descripción de los productos y servicios.
5. Identificación de problemas en el proceso de producción.
6. Selección de un problema.
7. Recopilación de datos acerca del problema.
8. Análisis de causas y elaboración de sugerencias de solución.
9. Presentación al comité directivo.
10. Toma de decisiones de la alta dirección.
11. Implementación de las soluciones aprobadas.
12. Evaluación y seguimiento.

La implantación de los círculos de calidad puede presentar diversas barreras:

- » Barrera mental o actitud derrotista de la alta dirección.
- » Trabajadores más preocupados por su subsistencia que por los problemas de la organización.

- » Bajo nivel de escolaridad de los trabajadores.
- » Renuencia de la dirección a permitir reuniones periódicas de los círculos de calidad dentro de su horario de trabajo o mediante una compensación adicional a los integrantes cuando las reuniones se hagan fuera de su horario laboral.
- » Los trabajadores pueden estar en contra de los círculos de calidad, al pensar que en la empresa hay personas a las que se les paga y muy bien para resolver los problemas.
- » Falta de conciencia hacia la calidad y la productividad en la alta dirección, lo cual permea al resto del personal.
- » Dificultad para trabajar en equipo por individualismo.
- » Oposición por parte del sindicato de la organización.
- » Los supervisores pueden ver amenazada su autoridad y poder, al ya no ser ellos quienes tienen la última palabra, ni el mérito de los logros.

Entre los beneficios que se pueden alcanzar a través de la operación de los círculos de calidad se pueden citar:

- » Mejoras en la calidad de los productos y en la productividad de la empresa.
- » Autodesarrollo del personal al fomentarse la creatividad e inteligencia de la fuerza de trabajo.
- » Mayor satisfacción en los trabajadores por su labor diaria.
- » Mejora significativa en el ánimo del personal, al sentirse partícipe de las decisiones relacionadas con su área de trabajo.
- » Promoción de la conciencia hacia la calidad y la productividad.

Para que estos círculos funcionen la dirección debe aceptar tres amplias responsabilidades:

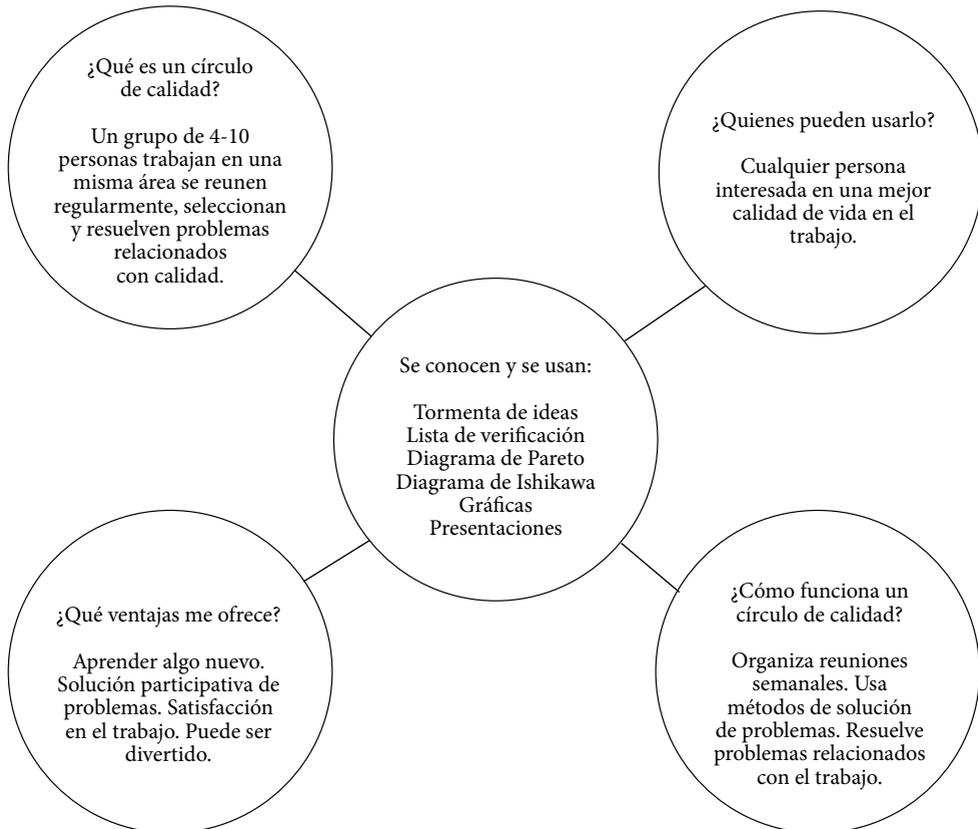
- a) Debe aceptar la participación de los empleados;
- b) Debe proporcionar la infraestructura de apoyo.
- c) Debe crear un sistema que reconozca los logros.

Para planear un buen foro a través de los círculos de calidad, debe considerarse:

1. El tipo adecuado de participación;
2. El tipo adecuado de publicidad;
3. El número adecuado de círculos;

4. El lugar adecuado para empezar;
5. El tiempo adecuado para empezar;
6. El tipo adecuado de expectativas;
7. El tipo adecuado de mediciones;
8. La preparación adecuada para el proyecto.

FIGURA 6. Círculos de Calidad



**NOTA:** McGraw-Hill Biblioteca de Administración de la Pequeña y Mediana Empresa, Tomo 5, página 73, 1986.

Para implantar los círculos de calidad en una organización se propone aplicar los siguientes pasos:

1. Presentar la idea de los círculos de calidad a la alta dirección, con sus limitaciones y alcances.

2. Obtener el apoyo decidido, compromiso e involucramiento de la alta dirección.
3. Preparar toda la estructura necesaria que permita su adecuada operación y permanencia de los círculos de calidad. Establecer el comité directivo.
4. Preparar e implementar los programas de difusión y conocimiento de los círculos de calidad a todos los niveles.
5. Preparar e implantar los programas de capacitación para facilitadores y líderes.
6. Implantar el círculo de calidad piloto en un área previamente seleccionada.
7. Expandir gradualmente el programa.
8. Seguimiento y evaluación.

## 7. ¿Cómo organizar reuniones de trabajo que funcionen?

**FUENTE:** Doyle, Michael; Strauss, David.  
How to Make Meetings Work. Editorial Jove, 1982

Antes de empezar a describir las técnicas más utilizadas en el enfoque de calidad, es necesario resaltar la importancia de convocar a un grupo de personas para realizar una reunión de trabajo. Es sumamente importante llevar a cabo un plan estructurado para alcanzar los objetivos de una reunión de trabajo. Los pasos se describen a continuación:

### A. Antes de la reunión

Planear cuidadosamente la reunión de trabajo. Se requiere definir cuál es el objetivo o propósito de la reunión, quiénes van a participar, qué papel jugará cada uno de ellos en la reunión, el lugar donde se llevará a efecto la reunión, el tiempo que se dedicará, los puntos que se tratarán, el equipo que se requerirá para las presentaciones, las condiciones del lugar, cómo se evaluará si se alcanzan acuerdos, etcétera. De todo ello deberá elaborarse un orden del día que deberá enviarse previamente a los invitados a asistir a la reunión y confirmar quiénes van a asistir a la misma.

Cabe señalar que es muy importante definir el papel que jugará cada participante. Al menos se deberán definir tres papeles: quién conducirá la reunión, quién llevará el registro de los acuerdos que se tomen y qué papel jugará el jefe, si no es el líder.

El papel del conductor es crucial para lograr alcanzar acuerdos; él deberá encargarse de establecer los objetivos que se pretenden alcanzar, conducirá la reunión de tal forma que se evite que haya dispersión, todo el tiempo estará tratando de centrar la reunión en los objetivos que se pretenden alcanzar, dará la palabra a cada uno de los asistentes con orden y con tiempos definidos; sobre todo, tratará de evitar ataques personales entre los miembros del grupo, estimulará a los introvertidos a hablar, regulará la participación de los extrovertidos,

frenará a los fanfarrones, se encargará de establecer un ambiente relajado, disminuir la tensión y reconocerá el buen desempeño; de preferencia el conductor no deberá hablar del tema que se esté tratando, deberá enfocarse en centrar el tema, alcanzar los objetivos y evitar ataques personales; por otro lado, no es conveniente que el jefe tome el papel de conductor, ya que se trata de alcanzar acuerdos colectivamente.

El papel de registrador o narrador también es muy valioso, ya que él llevará el registro de los acuerdos que se vayan tomando. Es sumamente importante que el grupo perciba transparentemente los acuerdos que se alcancen; es conveniente que ellos vean constantemente lo que se vaya anotando y que estén de acuerdo.

## B. Durante la reunión

Llegar unos minutos antes para acondicionar el lugar, verificar que se tengan listos los equipos que se utilizarán, que existan hojas y lápices o plumas para anotar ideas, que esté listo el café, fruta o botanas (si es que se van a ofrecer), verificar si existe un reglamento del lugar y ver cómo se les dará a conocer a los asistentes.

Empezar puntualmente la reunión, tomando la lista de asistencia y presentando a los participantes, estableciendo los papeles principales: conductor, narrador, personajes importantes que se encuentren presentes y el papel que jugarán.

El conductor de la reunión toma la palabra y da a conocer el orden del día preguntando a los asistentes si tienen observaciones sobre el mismo y ajustando si es necesario. Se remarcan los objetivos a tratar y la forma en que se llevará la reunión, estableciendo cómo se dará la palabra, los tiempos de participación en cada caso, las reglas que se aplicarán y cómo se registrarán los puntos de acuerdo.

El conductor, a lo largo de la reunión, deberá estar centrando el tema, evitando ataques personales entre los asistentes, estimulando a participar a los introvertidos, frenando a los extrovertidos, manteniendo un ambiente colaborativo, etcétera.

Cada que se alcance un punto del orden del día, deberá transparentarse a los participantes y una vez acordado deberá registrarse, dando un reconocimiento verbal por ello.

Al final de la reunión deberá hacerse un resumen de acuerdos, reconociendo el desempeño de los asistentes, cerrando cálidamente la reunión que deberá terminarse en tiempo. Al concluir, debe ordenarse el lugar.

### C. Después de la reunión

Deberá hacerse seguimiento de los acuerdos, verificando que se estén aplicando y midiendo el desempeño, planeando y programando las próximas reuniones sobre el tema. Se describirán a continuación algunas de las herramientas básicas utilizadas en el enfoque de calidad para la corrección y/o mejoramiento. Cabe señalar que algunas de las herramientas que se utilizan en calidad persiguen recolectar la mayor parte de ideas posibles, para ello, se utiliza una herramienta divergente. Después de la aplicación de una herramienta divergente, es necesario aplicar una herramienta convergente para agrupar ideas similares o parecidas, como se verá a continuación.

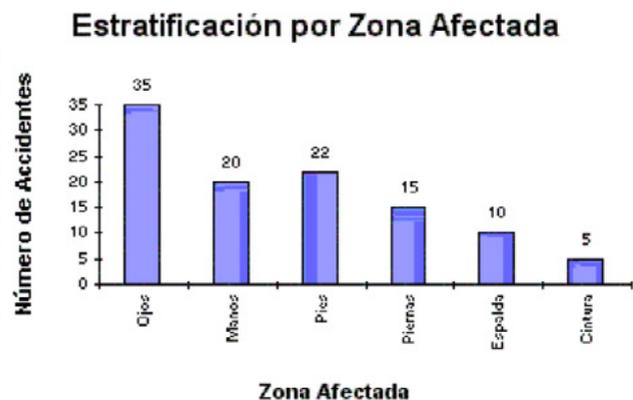
## 8. Estratificación

Es la separación de los elementos de una población en grupos mutuamente excluyentes, es decir, que no presenten traslapes, llamados estratos, de tal manera que cada elemento de la población se identifique como perteneciente a uno y solo uno de los estratos de la misma especie o que tienen el mismo origen. Se usa el término estratificación por una similitud con la manera en que las capas terrestres o estratos forman la corteza de la tierra; por lo que cuando un grupo de elementos con características importantes comunes se separa del total de elementos disponibles, se dice que se estratifica. Por ejemplo, en una población de alumnos de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, se puede estratificar dicha población por sexo (hombres o mujeres), por la carrera que estudian (en la FI UNAM existen 15 carreras), por turno para el caso de los alumnos de primer ingreso (matutino o vespertino), por bachillerato de procedencia, por estado de procedencia, por edad, por tipo de sangre, por estatura, por peso, por índice de masa corporal, etcétera.

La estratificación es sumamente importante para la trazabilidad o rastreabilidad de un producto y/o servicio. Una empresa que fabrica y vende jugo de manzana embotellado debe estratificar la manzana que adquiere como materia prima proveniente de diversas huertas. Una empresa vitivinícola debe estratificar todavía más puntualmente, debe clasificarse la huerta, la fecha de compra, el tipo de uva, el año de la cosecha, etcétera.

**FIGURA 7.** Estratificación por zona del cuerpo afectada

**NOTA:** Estratificación. (2015). <https://es.slideshare.net/mayrenegarzagomez/estratificacin-53940469>



Imagine el lector un molde para piezas de extruido termoplástico con 64 cavidades, es decir, en una horneada de dicho molde surgen 64 piezas moldeadas. Cada pieza lleva un agujero que es hecho por un punzón en cada una de las cavidades. Suponga que se rompe el punzón en una de las cavidades. Cada vez que se saque una horneada va a aparecer una pieza sin el agujero. Si no se tuvo la precaución de marcar con algún número o señal cada agujero, se tendrían que revisar cada una de las 64 cavidades, lo cual puede llevar un tiempo considerable. Si se marcó cada cavidad con un número, viendo la pieza que no tiene agujero se puede saber exactamente a qué cavidad pertenece.

En el caso de un lote de  $N=10,000$  tornillos de un solo tipo, en cien cajas de cien tornillos cada una, se puede apreciar claramente que la población llega estratificada en cien estratos. Nótese que, si la población de tornillos es de diferente tipo y llegan revueltos en cada una de las cien cajas, no se trataría de estratos porque cada caja no presenta las mismas características; en este último caso se diría que la población se encuentra separada por conglomerados. De la misma forma, las colonias en la Ciudad de México no son estratos, ya que cada colonia tiene elementos con diferentes características y son de diferente tamaño, siendo nuevamente conglomerados.

Algunos ejemplos de estratificación en una planta de manufactura pueden ser: por turno, por proveedor de materia prima, por operario, por máquina, por semana, por método de trabajo, por herramienta, etcétera. Las herramientas que requieren de la estratificación y de las hojas de verificación se verán a continuación.



Para detectar, analizar y resolver problemas, así como para mejorar el desempeño, se requieren datos, los cuales proporcionan evidencia de los hechos y por ello deben ser recolectados en forma cuidadosa. También el propósito para el cual se recolectan debe estar muy claro, si no es así, lo que sucederá es que o no se tiene la suficiente información o se obtendrá mucha información, pero no se tomarán acciones debido a que no se sabe para qué se quieren los datos. Lo esencial al recolectar datos es que el propósito de hacerlo esté bien claro y que dichos datos reflejen la situación real. El siguiente paso es hacer que los datos sean fáciles de recolectar y de ser usados. Las hojas de verificación son formatos usados para capturar fácil y rápidamente los datos que se obtienen al realizar un experimento o medir cierta característica de interés de un proceso.

Algunos de los usos de las hojas de verificación son:

- » Verificar la frecuencia de repetición de actividades, defectos o sucesos.
- » Verificar la localización de actividades, defectos o sucesos.
- » Verificar posibles causas de problemas por resolver para investigar si son las causas raíz.
- » Verificar las acciones previamente enlistadas.
- » Localización de defectos.

Pasos para elaborar una hoja de verificación:

1. Es necesario evaluar los objetivos y propósitos que se persiguen y determinar claramente el proceso sujeto a observación y partir de ello, definir el tipo de datos o información que se requiere.
2. Definir el período de tiempo durante el cual serán recolectados los datos. Deben ser períodos realistas y que de verdad aporten información.
3. Diseñar un formato que sea claro y fácil de usar, asegurando que haya suficiente espacio para registrar los datos; mientras más básico, mejor. Cada hoja de verificación debe llevar la información sobre el origen de la información: fecha, turno, máquina, personal, proceso, quién toma los datos, etcétera.
4. Obtener los datos de una manera consistente, válida, transparente y crítica.

En la figura 9 se muestra un ejemplo de hoja de verificación, usada para registrar los resultados de las pruebas eléctricas y mecánicas a las que son sometidos los interruptores termomagnéticos.

FIGURA 9. Hoja de Verificación

## DIVISIÓN TERMOMAGNÉTICOS

REPORTE DE \_\_\_\_\_ PRUEBAS ELECTRICAS - MECANICAS.  
 ELABORO \_\_\_\_\_ GPO. \_\_\_\_\_ CELULA \_\_\_\_\_ TURNO \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_

---

### PRUEBAS ELÉCTRICAS

INT. TIPO _____			INT. TIPO _____			INT. TIPO _____				
TAM. LOTE _____			TAM. LOTE _____			TAM. LOTE _____				
S E R I E	DISPARO MAGNÉTICO ESP. T-H-T-H-T			DISPARO TÉRMICO ESP. _____ SEG. _____			CONTINUIDAD			D I S P O S I C I O N D E L L O T E
	POLO IZQ.	POLO CEN.	POLO DER.	POLO IZQ.	POLO CEN.	POLO DER.	POLO IZQ.	POLO CEN.	POLO DER.	
1										A C E P T A D O  R E C H A Z A D O  <input type="radio"/> <input type="radio"/>
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

**CODIGO DE LA FALLA**

NT = NO TRIP.  
 DH = DISPARO EN HOLD.  
 NR = NO RESTABLECE.  
 SC = SIN CONTINUIDAD

**OBSERVACIONES:** \_\_\_\_\_

---

### PRUEBAS MECÁNICAS

INT. TIPO _____			TAM. LOTE _____						
PAR TORSIONAL LBS.-PULO.			PAR TORSIONAL ESP. _____ LBS.-PULO.						
S E R I E	TORNILLOS MARCOS DE MECANISMO ESP. _____	TORNILLOS TERMINAL DE CARGA. ESP. _____	TORNILLOS TERMINAL DE LINEA ESP. _____	ZAPATAS DE CARGA			ZAPATAS DE LINEA		
				1	2	3	1	2	3
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

DISPOSICION DEL LOTE    **ACEPTADO**     **RECHAZADO**     DISPOSICION DEL LOTE    **ACEPTADO**     **RECHAZADO**

**OBSERVACIONES:** \_\_\_\_\_

INSTRUMENTOS TERMOMAGNETICOS SINDIPUSA    NOTA IMPORTANTE: LA INSPECCION Y VERIFICACION SE EFECTUA DE ACUERDO CON VALORES DE PRODUCCION

NOTA: Hoja de verificación, Square D Company México, 1988

## 10. Lluvia de ideas

FIGURA 10. Ejemplo de lluvia de ideas



NOTA: Lluvia de Ideas: Educación Ambiental. (2015).  
<http://slideplayer.es/slide/1125477/>

La lluvia de ideas o tormenta de ideas (brainstorming) es un método sencillo para generar muchas opiniones creativas en una configuración de grupo. Se enfoca en la cantidad de ideas y no en la calidad. Se parte del postulado de que después de una combinación de opciones de una lluvia de ideas surgen nuevos y mejores conceptos. Utilizada en ambientes de mejora de la calidad, esta técnica ayuda a identificar problemas y generar variedad de soluciones.

La lluvia de ideas es una forma de:

- » Explorar y generar creativamente nuevas ideas.
- » Sacar ideas ocultas.

- » Aprender y practicar el pensamiento divergente.
- » Identificar problemas, posibles causas y soluciones alternativas.

La técnica de lluvia de ideas puede ser realizada de diversas maneras:

1. De forma desestructurada. En este método, los integrantes simplemente dan ideas como vienen a la mente; pretende crear una atmosfera más relajante, pero también se arriesga a que la reunión de trabajo sea dominada por parte de los miembros más extrovertidos.
2. De forma estructurada. En este método todo el grupo debe participar, dándole la palabra a cada uno de los miembros, cada uno debe aportar una idea en su turno o pasar hasta la siguiente ronda; esto provoca que las personas tímidas participen, pero también puede crear cierta tensión al contribuir forzosamente.
3. Técnica de grupo nominal. Existen ocasiones en que el ambiente de la reunión no se presta para que cada uno aporte una idea, dado que se encuentran presentes los causantes de un problema o su jefe inmediato superior que los intimida, por lo cual, se sigue aplicando que cada uno aporte una idea, pero en vez de expresarla en público, la anota en un pedazo de papel por una predeterminada longitud de tiempo. Dado que este método conserva el anonimato, es especialmente útil cuando se trata con problemas sensibles.

Cabe señalar que cualquier herramienta del enfoque de calidad está sujeta a reglas de operación para que funcionen. En el caso de la lluvia de ideas, las reglas que se deben seguir se pueden resumir en los siguientes puntos:

- » Definir un conductor de la reunión para mantener la sesión en camino.
- » Establecer el objetivo de la aplicación de la herramienta.
- » Todo el grupo debe aportar ideas.
- » Se requiere un narrador que anote las ideas que se vayan formulando, las cuales no deben ser interpretadas, ni juzgadas, deben anotarse tal como fueron expresadas.
- » Tener las ideas visibles para todos al mismo tiempo evita malentendidos y recuerda a los demás de nuevas ideas.
- » Hacerlo rápido por un predeterminado periodo de tiempo; 5-15 minutos funciona bien.
- » Esforzarse por obtener una gran cantidad de ideas.

## 11. Diagramas de Afinidad

**FUENTE:** Mizuno, Shigeru. Management for Quality Improvement  
The 7 New Qc Tools, Ed. Productivity, 1988

Se suele utilizar para organizar posteriormente la información recabada en una lluvia de ideas. El método de diagramas de afinidad, se deriva del método TKJ (Team Kawakita Jiro) desarrollado por el Dr. Kawakita Jiro en la década de 1960, y utiliza la afinidad entre partes o fragmentos de partes de datos verbales para ayudar a entender sistemáticamente la estructura del problema global, mediante el cual se clasifican varios conceptos en diversas categorías y se agrupan los elementos que estén relacionados entre sí.

El método de diagramas de afinidad construye un fundamento para datos verbales de muchas fuentes diferentes, con base en similitudes, elementos comunes, y relaciones expresadas en los informes del usuario o en los supuestos y asunciones subyacentes en sus informes. El método del diagrama de afinidad organiza los datos en un diagrama fácilmente inteligible que proporciona pistas sobre la naturaleza global del objeto de estudio. Es un proceso creativo que puede destruir profundamente las nociones preconcebidas de una situación. Los diagramas de afinidad ayudan a pensar más efectivamente sobre problemas de tres modos:

- » Definen la naturaleza del problema y descubren los problemas ocultos.
- » Ayudan a organizar y ordenar las ideas confusas.
- » Muestran la dirección apropiada por tomar en la resolución de problemas.

Adicionalmente, el proceso de crear en grupo un diagrama de afinidad ayuda a los miembros a entenderse mejor y enseñarse entre sí. Promueve equipos de trabajo efectivos y entusiasmo en la realización de la misión del grupo.

Para crear un diagrama de afinidad se aplican los siguientes pasos:

**Paso 1:** Seleccionar el tema o problema que se desea tratar.

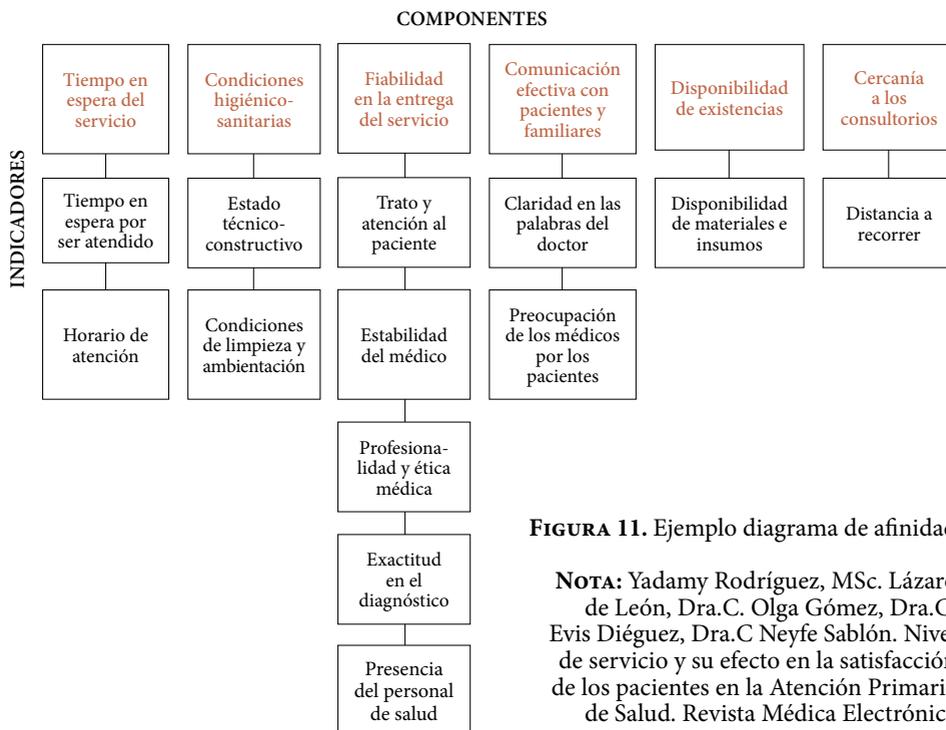
- Paso 2:** Recopilar datos verbales. Los datos verbales consisten en categorías tales como hechos, inferencias, predicciones, ideas, u opiniones. Se deben recoger datos verbales relevantes para el tema o metas. Estos datos verbales pueden ser obtenidos a través de una lluvia de ideas o una técnica divergente similar.
- Paso 3:** Crear tarjetas de datos. Escribir cada elemento de dato verbal que se recoja en una tarjeta de datos.
- Paso 4:** Organizar las tarjetas. Desplegar un gran plano de papel y colocar las tarjetas de datos una al lado de otra, de forma que no se superponga ninguna tarjeta a otra. Se requiere leer cada tarjeta e intentar descubrir cuáles son similares de algún modo colocándolas de tal manera que las que parezcan similares queden cerca unas de otras.
- Paso 5:** Crear tarjetas de afinidad. Se leen y corrigen los datos verbales en cada grupo de tarjetas que se hayan organizado. Si los datos no tienen la precisión suficiente se deben clarificar las frases. Para cada grupo se requiere etiquetar otra tarjeta, denominada tarjeta de afinidad, con una exposición corta pero completa de las características de este.
- Paso 6:** Ordenar en grupos de tarjetas de afinidad y tarjetas de datos. Tratar cada grupo de tarjetas apiladas como una tarjeta singular, colocándolas así sobre el papel.
- Paso 7:** Continuar el arreglo y ordenación de tarjetas, repitiendo los pasos 4 a 6 hasta que se tengan cinco o menos agregados de tarjetas.
- Paso 8:** Distribuir las tarjetas. Ordenar las pilas de acuerdo con las afinidades entre las tarjetas de afinidad. Intentar organizar las tarjetas de forma que todo el arreglo sea fácil de leer.
- Paso 9:** Preparar un diagrama de afinidad. Una vez que se haya decidido la colocación de las tarjetas, fijar cada tarjeta en su posición y dibujar líneas de borde para circundar el grupo de tarjetas apiladas. Si las tarjetas apiladas están circundadas por dos o tres líneas de borde, se deberán hacer las líneas de diferentes espesores o colores de forma que el diagrama se entienda fácilmente.

Los diagramas de afinidad son útiles cuando se trabaja en temas que no se entienden, o sobre los que no se puede llegar a una conclusión, o sobre los que no se sabe qué hacer. Sus usos pueden ser los siguientes:

1. Los diagramas de afinidad le ayudan a atacar un problema de modo directo para:

- » Descubrir por qué la actividad de mejora no progresa como estaba planeado.
  - » Descubrir por qué siguen ocurriendo errores debidos a falta de cuidado.
2. Los diagramas de afinidad ayudan a organizar las ideas para la adopción de decisiones, es decir, para:
    - » Entender el papel que debe jugar la iniciativa personal.
    - » Entender la naturaleza del liderazgo que deben ejercer encargados y contra maestres.
  3. Los diagramas de afinidad ayudan al personal a alcanzar soluciones a problemas a través de:
    - » Mejorar las relaciones humanas en los lugares de trabajo.
    - » Entender los aspectos que determinan los mejores modos de emplear la automatización.

En las figuras 11 y 12 se muestran ejemplos de diagrama de afinidad.



**FIGURA 11.** Ejemplo diagrama de afinidad

**NOTA:** Yadamy Rodríguez, MSc. Lázaro de León, Dra.C. Olga Gómez, Dra.C. Evis Diéguez, Dra.C Neyfe Sablón. Nivel de servicio y su efecto en la satisfacción de los pacientes en la Atención Primaria de Salud. Revista Médica Electrónica versión On-line ISSN 1684-1824. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1684-18242016000200008](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18242016000200008)

**FIGURA 12.** Ejemplo de diagrama de afinidad

**Problemas en gestión autónoma de actividades de mejora**

**Fallo de liderazgo**

**Insuficiente habilidad de liderazgo**

- No entiende los métodos de control de calidad
- No sabe enseñar los métodos de control de calidad
- No puede recordar los métodos de control de calidad
- Descuida el autoestudio
- Presiona demasiado
- No es entusiasta
- No escucha las opiniones de los miembros del grupo
- Poco hábil

**Aversión al papel de líder**

- Atareado, sin entusiasmo
- Falta la cooperación de todos
- Gran responsabilidad
- Conocimiento insuficiente
- No entiende la dirección superior
- Atascado en fundamentos
- No persistente
- No quiere pedir que se le enseñe algo

**Líderes autosuficientes**

- No escucha a los miembros del grupo
- Trata de imponer sus ideas
- No admite influencias de otros
- Evita la retroalimentación
- No desea compromisos
- Inflexible
- Enfatiza demasiado los resultados
- Demasiadas ingerencias

**Miembros de grupos no interesados en el trabajo**

**Trabajadores veteranos**

- No participa en reuniones
- Asiste a reuniones, pero no habla
- No entiende a los más jóvenes
- Pobre condición física
- Sin experiencia no es útil aquí
- Piensa nada más en el retiro
- Se siente ajeno
- Desánimo
- No puede seguir los nuevos métodos
- Piensa que esas actividades distraen del trabajo útil

**Personas no interesadas por otros miembros del grupo**

- No van a reuniones
- No comprenden la importancia del control de calidad
- Cansados del tema
- Encuentran aburrido el trabajo
- Piensen en otro trabajo
- Van a las reuniones pero no hablan
- Piensen solo en si mismos
- No reconocen los resultados
- Resistencia irracional al control de calidad
- Siempre opuestos a las ideas de otros actividades distraen del trabajo útil

**Dificultades de directores y supervisores**

**Demasiado ocupados para notar problemas serios**

- Demasiadas reuniones
- Intentan hacerlo todo por si mismos
- Ocurren muchas anomalías
- Pobre planificación
- Trabajo extra por rutina
- Demasiados detalles que atender
- Crisis de dirección
- Muchos informes
- Preparar gran cantidad de material
- Se queda tarde por la noche

**Problemas de miembros**

- Cambios de personal debido a nacionalización
- Necesidad de incorporar nuevas destrezas
- Los miembros deben rotar sus deberes
- Cambios de personal afectan el carácter del grupo
- Problemas por las jubilaciones
- Van a las reuniones pero no hablan
- Piensen solo en si mismos
- Ausencias de los miembros del grupo

**NOTA:** Tomado de Seiji Hara; «Characteristics Diagrams»; FQL, 258 (abril de 1979): 17 (JUSE Press Ltd.)

## 12. Selección de problemas

Es una herramienta colaborativa que permite clasificar los problemas en orden y seleccionar un área de problemas que preocupe a la mayoría de los miembros. Es un paso previo a la aplicación de un diagrama de Pareto.

Las reglas que se deben aplicar son:

- » Todos deben participar;
- » No debe haber críticas;
- » No debe haber comentarios;
- » Las personas pueden pasar;
- » Las discusiones se llevan a cabo hablando uno por turno;

El procedimiento consta de los siguientes pasos:

1. El grupo clasifica los problemas asignando individualmente un puntaje a cada problema según el deseo que tenga de trabajar en ese problema;
2. El líder da a los miembros unos minutos para que, en forma privada, asignen un puntaje a los problemas y luego pide que lean en voz alta el puntaje que asignaron; los puntajes los registra el apuntador en una hoja de rotafolio;
3. Se suman los puntajes, y luego el grupo decide si es necesario hacer una segunda clasificación, o si el problema ya está decidido;
4. Si es necesaria una segunda clasificación, el grupo elimina primero los que no se considerarán y deja un tiempo prudencial para tratar los problemas restantes;
5. El área de problemas que recibe el mayor número de votos en el proceso que se describió con anterioridad es la seleccionada.

## 13. Diagrama de Pareto

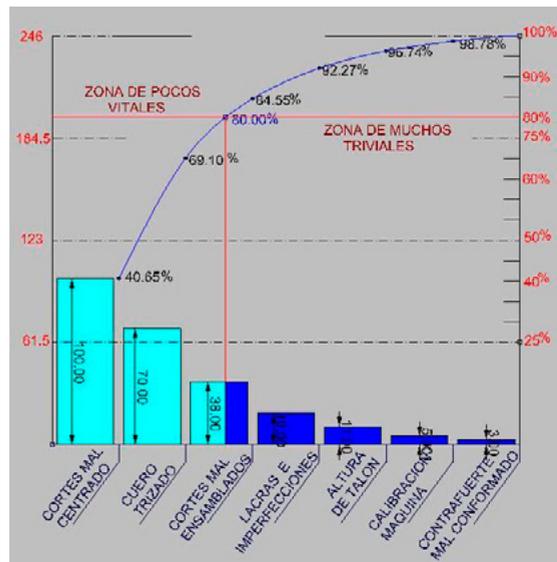
El autor de este diagrama fue el Dr. Joseph Juran y le puso ese nombre en honor al economista italiano Vilfredo Pareto (1848-1923), quien realizó un estudio sobre la distribución de la riqueza, en el cual descubrió que la minoría de la población poseía la mayor parte de la riqueza y la mayoría de la población poseía la menor parte de la riqueza. Con esto estableció la llamada «Ley de Pareto» según la cual la desigualdad económica es inevitable en cualquier sociedad. De aquí surge la llamada regla del 80-20 que establece que el 80% de los defectos en una empresa se debe al 20% de los problemas de esta; a este 20% de los problemas es a lo que se le denomina «los pocos vitales» y al complemento del 80% se le conoce como «los muchos triviales», como se ilustra en la figura 13.

Un Diagrama de Pareto es una forma especial de gráfico de barras usado para ilustrar datos ordenados por categorías en forma descendente de derecha a izquierda, de acuerdo con su importancia. La altura de las barras representa la frecuencia o importancia relativa de los puntos que están siendo medidos.

Un diagrama de Pareto ilustra visualmente los datos con el propósito de:

**FIGURA 13.** Ejemplo de diagrama de Pareto

**NOTA:** Diagrama de Pareto 80-20. (2015).  
[http://ddeprocal.blogspot.com/2015/08/diagrama-de-pareto-80-20\\_80.html](http://ddeprocal.blogspot.com/2015/08/diagrama-de-pareto-80-20_80.html)



- » Ayudar a establecer prioridades.
- » Ilustrar las oportunidades más significativas para mejorar.
- » Mostrar qué categorías contribuyen con el mayor porcentaje del total.

Los pasos que se siguen para construir un diagrama de Pareto son los siguientes:

1. Antes de coleccionar los datos se deben seleccionar las categorías de defectos, problemas o causas, etcétera, que se van a comparar. Los problemas deben estar definidos lo más objetivamente posible y deben poderse medir de alguna forma.
2. Diseñar una hoja de verificación para registrar los datos perfectamente y llevar a cabo su recolección.
3. Construir una tabla de frecuencias, como la que se muestra de ejemplo en la figura 14:

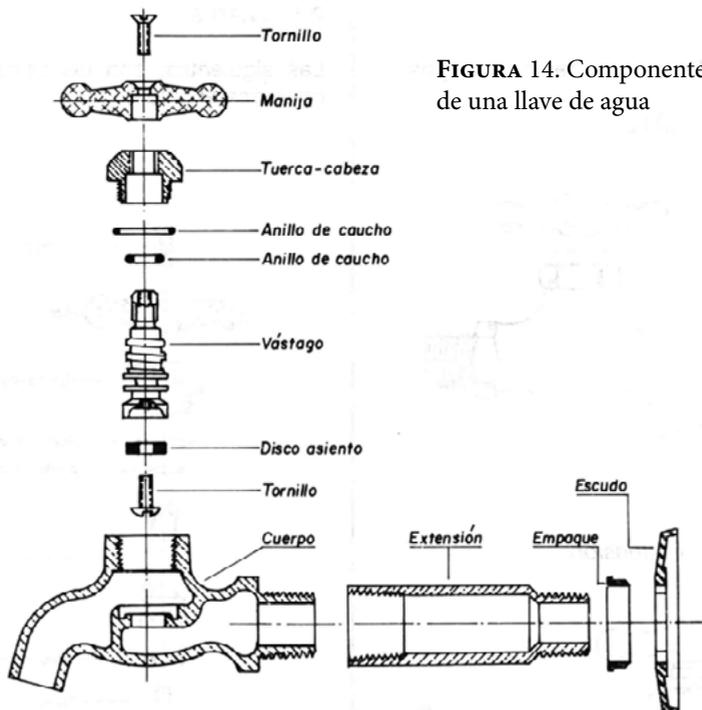


FIGURA 14. Componentes de una llave de agua

**NOTA:** Carlos Hernando Rosas R.- Sena.CNC.  
 Carlos Efrén Ibarra G, Grifos y llaves terminales para lavaplatos Grival, página 7, 1992. [http://repositorio.sena.edu.co/sitios/instalaciones\\_hidraulicas\\_griferias\\_lavaplatos/hidraulica3/index.html](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/instalaciones_hidraulicas_griferias_lavaplatos/hidraulica3/index.html)

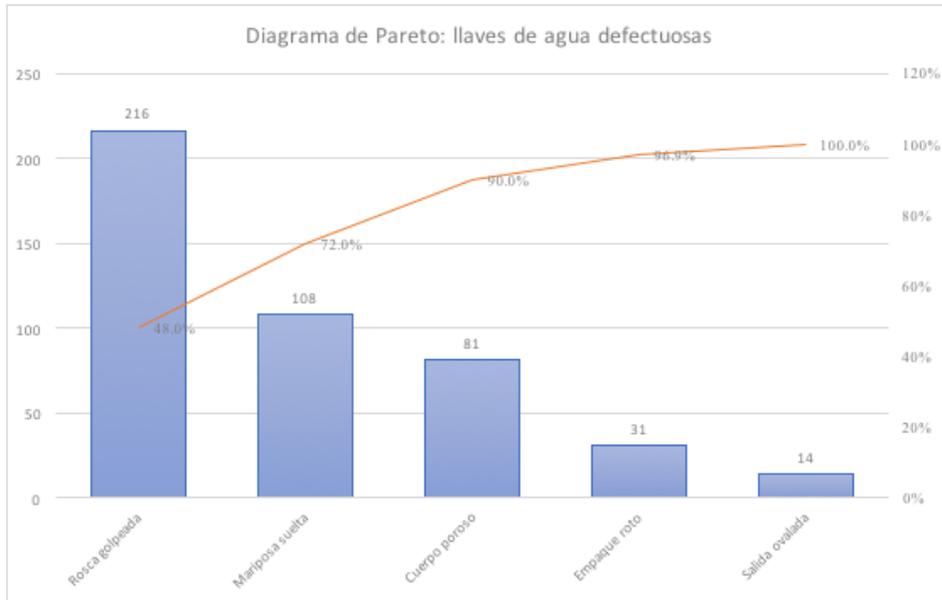
## Piezas defectuosas (llaves de agua)

Defecto encontrado	# piezas defectuosas	% piezas defectuosas
Rosca golpeada	216	48.0%
Empaque roto	31	6.9%
Mariposa suelta	108	24.0%
Salida ovalada	14	3.1%
Cuerpo poroso	81	18.0%
<b>Total</b>	<b>450</b>	

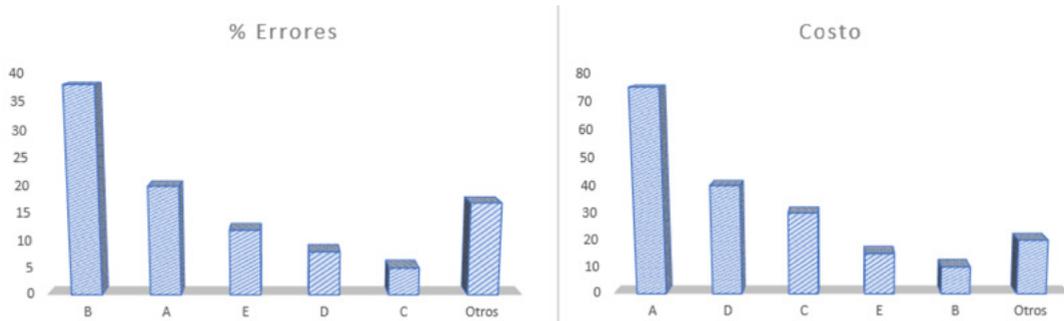
Cantidad de Piezas Inspeccionadas: 5843, del 1º al 15 de abril.

Estos datos se pueden colocar en una gráfica de barras como la que se muestra en la figura 15.

- En un sistema cartesiano indicar sobre el eje horizontal las categorías, dividiendo dicho eje en segmentos iguales y ordenando dichas categorías en orden descendente de acuerdo con la importancia relativa, la cual será indicada sobre el eje horizontal. El eje vertical de la gráfica indicará los porcentajes de los valores de la característica que representa la importancia relativa de esta.
- Dibujar barras para cada categoría, con una altura igual al valor que tome la característica que representa la importancia relativa. En cada extremo derecho de las barras se dibuja, por medio de un gráfico de líneas, la frecuencia relativa acumulada. Cada barra representa un tipo de defecto encontrado, el eje vertical muestra la importancia de cada defecto encontrado en términos de porcentaje, el eje horizontal muestra los tipos de defectos encontrados, comenzando con el de mayor importancia en la izquierda hasta el de menor importancia, que es el último a la derecha; y los que quedan en medio se acomodan por orden de magnitud. En este caso el diagrama de Pareto establece prioridades sobre los problemas que se deben analizar primero para eliminar la mala operación. Para este caso y de acuerdo con la gráfica 2.15 se debe tratar de resolver el problema de la rosca golpeada en primer lugar porque es la barra más alta; el segundo problema que se debe tratar de resolver es el de mariposa suelta, porque es la siguiente barra más alta. En esta forma las cosas son más sencillas.

**FIGURA 15.** Diagrama de Pareto de llaves de agua defectuosas

Usar escalas de medida diferentes en el eje vertical de un diagrama de Pareto puede ayudar a identificar los principales problemas y sus prioridades. Los problemas más frecuentes no siempre son los más costosos. De hecho, un problema que ocurre raras veces puede ser la mejor oportunidad para mejorar. Por ello se aconseja tomar diferentes escalas como pueden ser frecuencia de defectos, frecuencia relativa con respecto al total de productos elaborados, costos, etcétera.

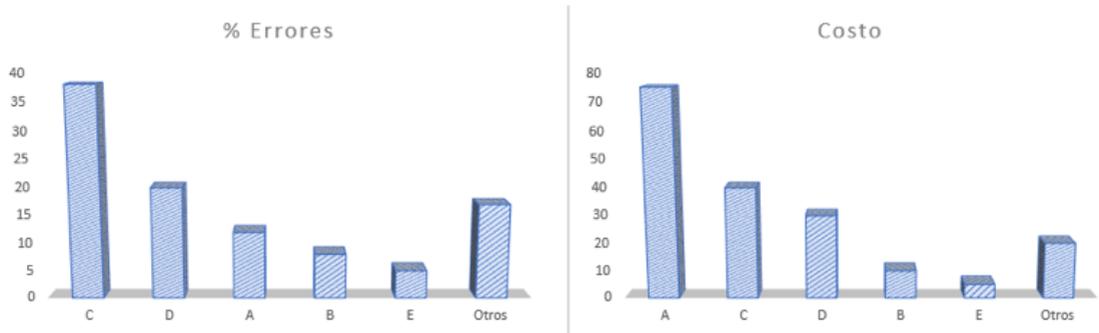
**FIGURA 16.** Ejemplo de diagrama de Pareto

**NOTA:** Nótese que el problema más frecuente no es el más costoso.

En la figura 16 se muestra un ejemplo de diagrama de Pareto con un gran número de errores pero con bajo costo. En la figura 17 se muestra un diagrama de Pareto con un pequeño número de errores pero con altos costos. Finalmente,

si en el diagrama de Pareto no se muestra la oportunidad para mejorar un proceso, entonces puede ser necesario reagrupar los datos y volver a trazar el diagrama, como se muestra en la figura 18, en donde se aprecian tres diferentes maneras de ver un diagrama de Pareto del mismo conjunto de datos, pero solo en uno de ellos se muestra una clara diferencia.

**FIGURA 17.** Ejemplo de diagrama de Pareto



**NOTA:** Nótese que el problema más costoso no es el más frecuente.

**FIGURA 18.** Diferentes formas de agrupar el mismo conjunto de datos

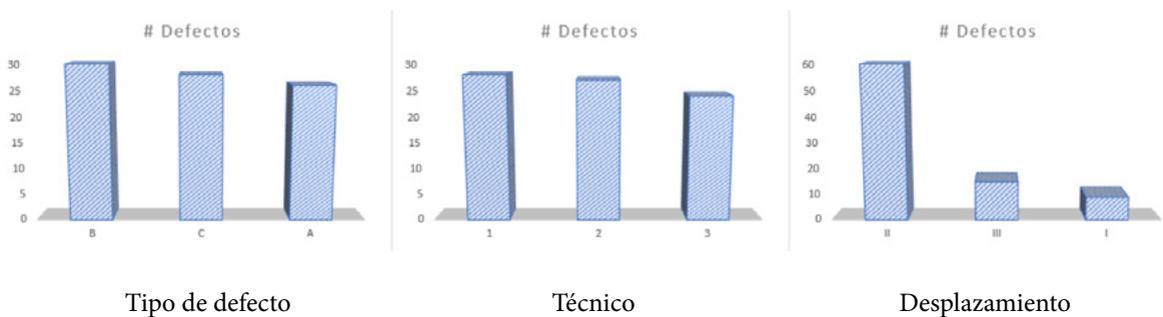
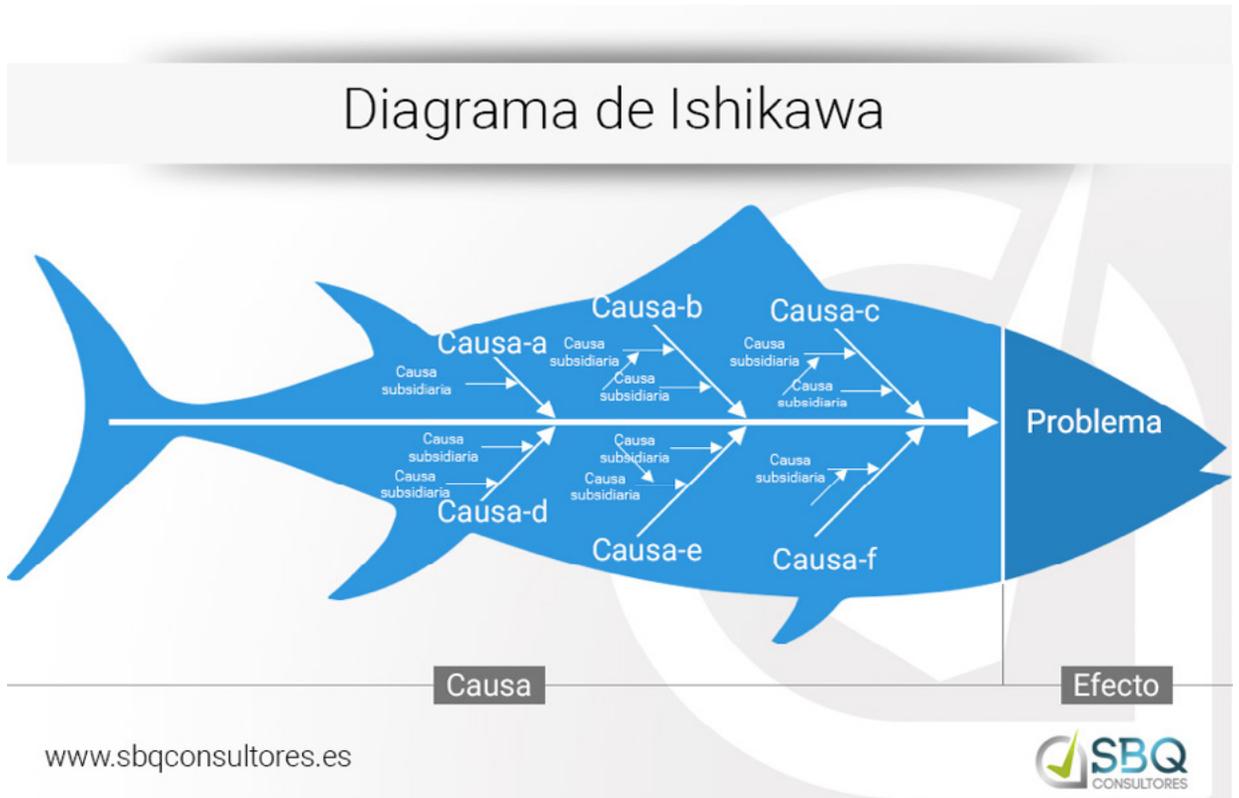


FIGURA 19. Diagrama de Ishikawa



**NOTA:** Diagrama de Ishikawa. (sf). <https://www.sbqconsultores.es/diagrama-de-ishikawa-o-diagrama-causa-efecto/>

## 14. Diagrama de Ishikawa

Un Diagrama Causa-Efecto o Diagrama de Ishikawa, también denominado Diagrama de Esqueleto de Pescado, es una herramienta analítico-gráfica usada para identificar las causas potenciales de un problema. Esta herramienta representa una forma estructurada posterior a una tormenta de ideas, y se utiliza para:

- » Organizar y desplegar la relación entre causas y efectos.
- » Analizar procesos y los efectos potenciales de acciones propuestas.
- » Identificar causas probables y causas raíz de un problema.
- » Analizar procesos normales mediante la revisión de factores potenciales causantes de problemas.

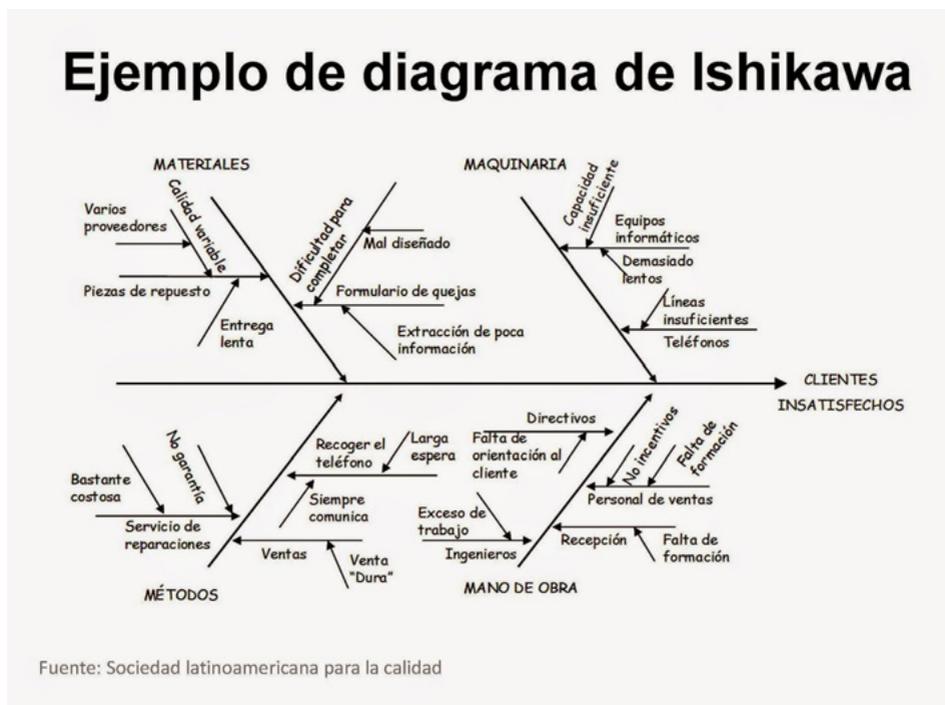
Los pasos que se siguen para construir un Diagrama Causa-Efecto se explican a continuación:

1. Seleccionar un problema tratando de ser lo más específico y conciso que sea posible. Utilizar para ello alguna de las técnicas ya conocidas como pueden ser: Tormenta de Ideas, Diagrama de Campo de Fuerza, Diagrama de Pareto, etcétera.
2. Sobre líneas paralelas arriba y abajo de la flecha principal, listar las principales categorías de causas potenciales. Trazar líneas de cada categoría mayor a la flecha principal. Como ejemplos de categorías principales de causas potenciales se pueden tomar las seis M's: Maquinaria, Mano de Obra, Métodos, Materiales, Medio Ambiente, Mediciones.
3. Para cada categoría principal usar las preguntas: ¿por qué?, ¿qué?, ¿cómo?, ¿cuándo?, ¿dónde?, ¿quién?, ¿cuánto?, con el objeto de detectar la mayor parte de posibles causas.

4. Después de elaborado el diagrama de Ishikawa, se requiere llevar a cabo las siguientes actividades:
  - » Analizar el diagrama.
  - » Jerarquizar las causas potenciales a través de un Diagrama, por ejemplo, de Pareto.
  - » Usar la información para determinar qué áreas requieren más información y cómo coleccionarla.

En la figura 20 se muestra un ejemplo del Diagrama de Ishikawa.

FIGURA 20. Ejemplo de Diagrama de Ishikawa



Nota: Técnicas de creatividad (I). El diagrama de Ishikawa. (2015).

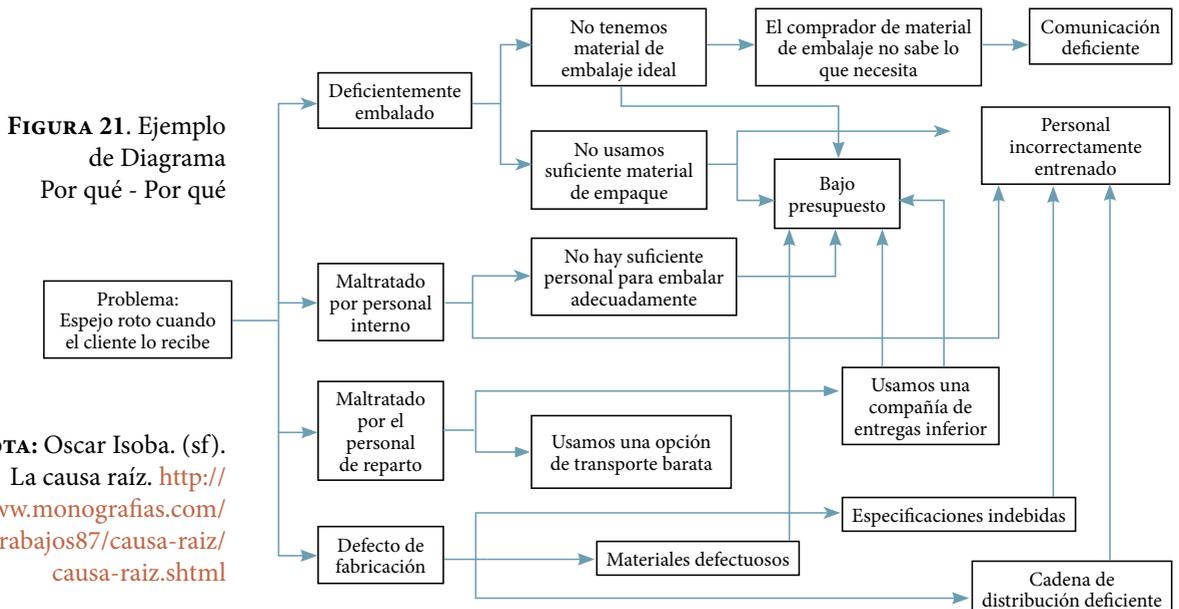
<http://atraysoluciones.blogspot.mx/2015/02/tecnicas-de-creatividad-i-el-diagrama.html>

## 15. Diagrama por qué - por qué

El propósito de un diagrama por qué – por qué es practicar una técnica de pensamiento divergente para proporcionar a los miembros un método alternativo para identificar las causas principales, las subcausas, las subsubcausas de un problema y así sucesivamente. Se requiere para ello organizar una tormenta de ideas para determinar las causas. El procedimiento aplica los siguientes pasos:

1. Tomar un problema seleccionado y usar un diagrama por qué - por qué para explorar las causas del problema.
2. Cada paso divergente del análisis por qué - por qué se realiza preguntando ¿por qué?
3. Las respuestas a la pregunta ¿por qué? son las causas del problema.
4. Puesto que cada paso es un proceso divergente, se requiere un proceso convergente (similar al de selección de problemas) para determinar qué causas son importantes.

En la figura 21 se muestra un ejemplo de diagrama por qué - por qué



**NOTA:** Oscar Isoba. (sf).  
La causa raíz. <http://www.monografias.com/trabajos87/causa-raiz/causa-raiz.shtml>

## 16. Diagrama Cómo - Cómo

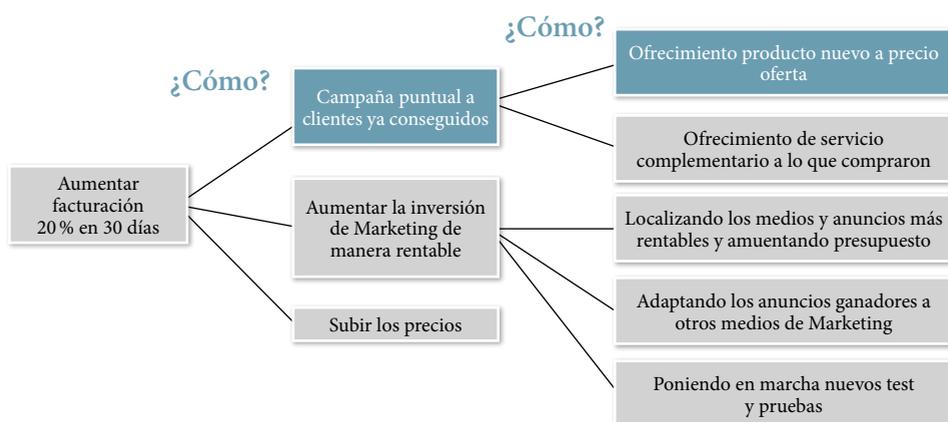
Permite que los miembros practiquen una técnica divergente para explorar en forma creativa y consideren varias soluciones alternativas en vez de saltar a la solución «obvia». Ayuda a determinar los pasos específicos que se deben seguir para implantar una solución, formulando un plan específico de acción.

Procedimiento:

1. Empezar con una solución y explorar posibles formas de realizar la acción en cada etapa preguntando ¿Cómo?
2. En cada etapa de la cadena se puede emplear un proceso convergente para disminuir la lista de alternativas antes de tomar el próximo paso divergente.
3. Se listan las ventajas y desventajas, probabilidades de éxito y costo relativo de cada alternativa para facilitar un proceso de selección más objetivo.

En la figura 22 se muestra un ejemplo de diagrama Cómo – Cómo

**FIGURA 22.** Ejemplo de Diagrama Cómo-Cómo



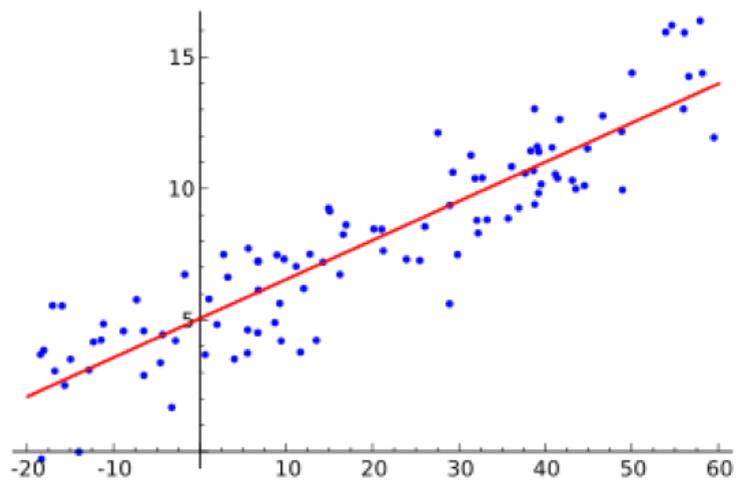
**NOTA:** Karina Martinez. (sf). Herramientas administrativas para el control de calidad.  
<https://www.emaze.com/@AORWILTTF/Under-the-Sea>

## 17. Diagrama de Dispersión

Un Diagrama de Dispersión es una representación gráfica de la relación existente entre dos variables y puede ser usado para:

- » Explorar una posible relación entre dos variables tales como:
  - Una característica de calidad y una de sus causas; por ejemplo, la resistencia mecánica de una pieza moldeada de plástico y el porcentaje de fibra de vidrio que contiene.
  - Dos características de calidad relacionadas; por ejemplo, la dureza y la maleabilidad de una pieza.
  - Dos causas relacionadas a la misma característica de calidad; por ejemplo, la pigmentación y el matiz de una pintura afectan directamente su color.
- » Investigar si una variable afecta a otra de alguna forma.

FIGURA 23. Ejemplo de diagrama de dispersión



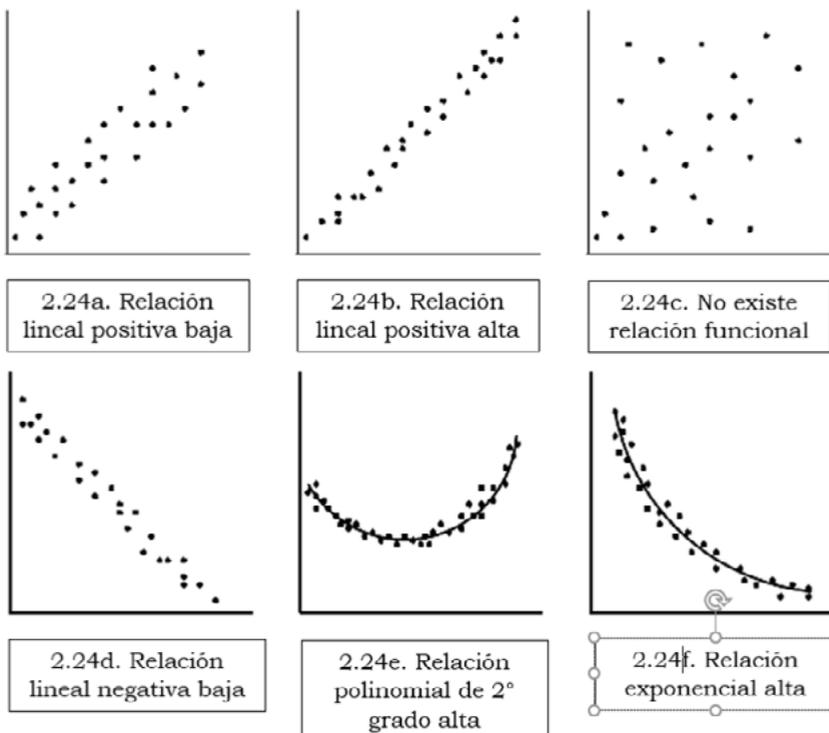
NOTA: Línea de regresión. (sf). [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3a/Linear\\_regression.svg/350px-Linear\\_regression.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3a/Linear_regression.svg/350px-Linear_regression.svg.png)

Los pasos que se siguen para elaborar un diagrama de dispersión se describen a continuación:

1. Definir exactamente las variables que se analizarán, diseñar una hoja de verificación para su recopilación y captura, y llevar a cabo dicho proceso. Se requiere recolectar entre 30 y 100 parejas de datos.
2. Dibujar un sistema cartesiano, etiquetando los ejes con los nombres de las variables por graficar y vaciar las parejas de datos obtenidas en el paso previo. Si se encuentra que algunos valores se repiten, se deben rodear los puntos marcados que se repiten con tantas circunferencias como veces en que se repitan dichos datos. También se requiere rotular el diagrama, colocando la fecha de elaboración y los nombres de los que lo elaboraron.

En la figura 24 se muestran algunos ejemplos de diagramas de dispersión que muestran la posible relación entre la  $x$  (abscisa) y la  $y$  (ordenada). Puede que no exista relación (2.24.c), que la relación sea lineal (2.24a, 2.24b ó 2.24d), polinomial (2.24e), exponencial negativa (2.24f), etcétera.

**FIGURA 24.** Ejemplos de diagramas de dispersión

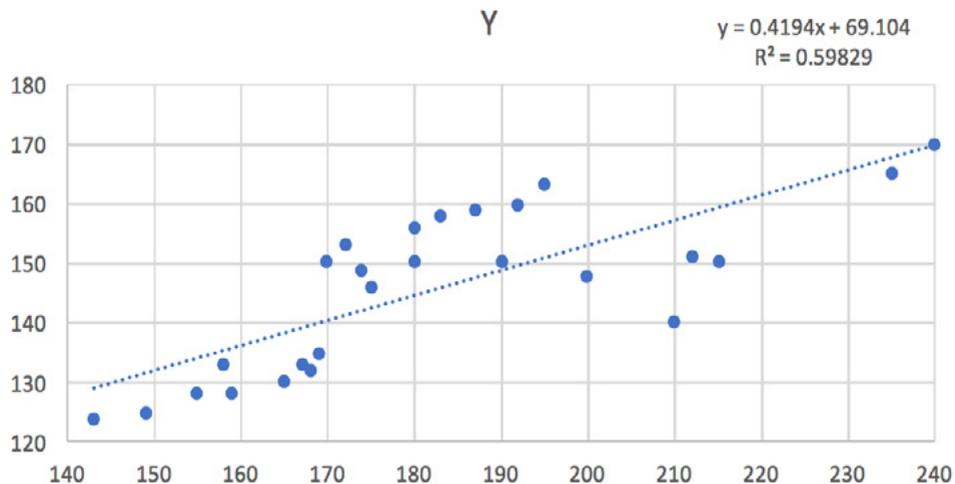


Ejemplo (Problema 14-15, página 523, Montgomery<sup>(8)</sup>): Suponga que se midieron el peso y la presión arterial de 26 personas de sexo masculino seleccionadas al azar en un grupo con edades de 25 a 30 años. Los datos obtenidos se muestran en la siguiente tabla. Elabore un diagrama de dispersión de los datos obtenidos.

Medición	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
X	165	167	180	155	212	175	190	210	200	149	158	169	170
Y	130	133	150	128	151	146	150	140	148	125	133	135	150
Medición	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
X	172	159	168	174	183	215	195	180	143	240	235	192	187
Y	153	128	132	149	158	150	163	156	124	170	165	160	159

La gráfica se muestra en la figura 25. Como se puede apreciar, no existe una relación clara entre ambas variables. Al tratar de ajustar a un modelo lineal nótese que el coeficiente de determinación  $R^2 = 0.5983$  es bajo, por lo menos debiera ser mayor a 0.9.

FIGURA 25. Ejemplo de diagrama de dispersión



## 18. Diagrama de Relaciones

**FUENTE:** Mizuno, Shigeru. Management for Quality Improvement  
The 7 New Qc Tools, Ed. Productivity, 1988

El método de diagrama de relaciones se emplea para analizar problemas cuando las causas tienen interrelaciones complejas. La preparación de un diagrama que muestre las relaciones causas-efecto y las relaciones entre diferentes factores causales permite identificar las causas de los problemas y descubrir métodos para resolverlos. Este método también puede utilizarse para puntualizar los elementos que se requieren para lograr una cierta meta.

El proceso de un equipo de trabajo empleado en la preparación de un diagrama de relaciones concerniente a un problema particular tiene las siguientes ventajas sobre otros métodos:

1. Los diagramas de causas-efecto muestran los diversos factores y las relaciones causales entre ellos. Los diagramas de relaciones pueden expresar estas relaciones más libremente puesto que no se limitan a un formato particular.
2. Los diagramas de afinidad organizan tarjetas que representan datos verbales de acuerdo con similitudes percibidas entre diferentes tarjetas, en cambio, los diagramas de relaciones emplean flechas para indicar una serie de relaciones causa-efecto.
3. Los diagramas de relaciones son útiles para descubrir las causas principales que afectan a toda la situación, utilizando para ello una amplia perspectiva.

Para crear un diagrama de relaciones se aplican los siguientes pasos:

**Paso 1:** Descripción del problema. Escribir en una tarjeta una representación específica, directa y fácil de entender del problema relativo al tema seleccionado y colocar la tarjeta en el centro de una gran hoja de papel.

**Paso 2:** Redactar tarjetas de causas. Escribir simple y claramente las causas que se crea que afectan al problema. Escribir cada causa en una tarjeta la

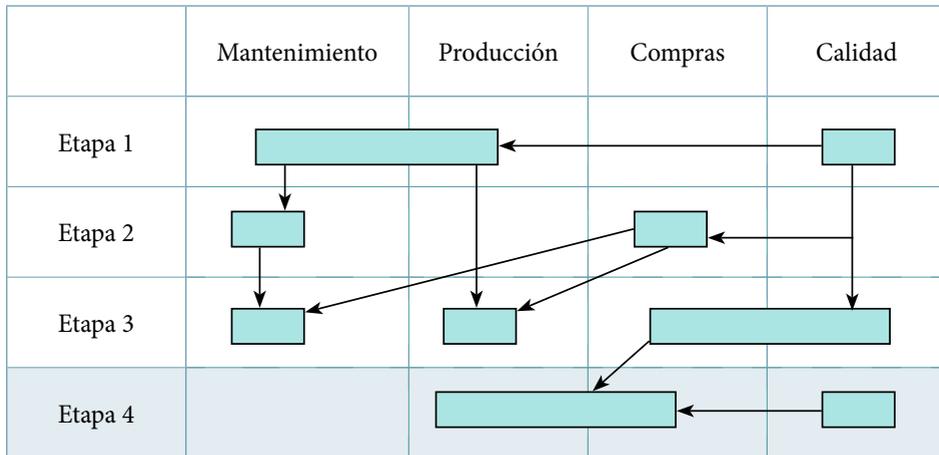
cual se denomina tarjeta de causa. No es conveniente hacer más de 50 tarjetas de causa.

- Paso 3:** Distribuir las tarjetas, leyendo todas las tarjetas preparadas y agrupando las que sean similares unas al lado de las otras en una gran hoja de papel y sin que se traslapen.
- Paso 4:** Ordenar las tarjetas de acuerdo con relaciones causa-efecto. Colocar las tarjetas de causa que tengan una fuerte relación causa-efecto con el problema muy cerca de la tarjeta del problema. Dividir las tarjetas en causas de primero, segundo, tercero y cuarto nivel, colocando cada rango algo más lejos de la tarjeta problema. Conforme se vayan entendiendo sistemáticamente las relaciones causa-efecto, ajustar las posiciones de las tarjetas y dibujar flechas con el sentido de causa a efecto.
- Paso 5:** Añadir y revisar tarjetas. Conforme se vayan organizando las tarjetas, se deben clasificar en grupos relacionados y agregar nuevas tarjetas si surgen otras ideas; asimismo, se deben evitar las anotaciones de las tarjetas y mover las posiciones de las mismas para evitar en lo posible que se crucen flechas, redibujándolas si es necesario.
- Paso 6:** Analizar las agrupaciones de tarjetas en su conjunto para entender las relaciones entre grupos de tarjetas, de forma que pueda ordenar las relaciones causa-efecto.
- Paso 7:** Preparar el diagrama de relaciones. Una vez colocadas las tarjetas en posiciones apropiadas se deben adherir al papel para completar el diagrama de relaciones.
- Paso 8:** Identificar las causas principales. Se deben con el problema aislar las causas que tengan una relación particularmente importante, destacando sus tarjetas con colores o líneas gruesas y las flechas asociadas también. En la figura 27 se muestra un ejemplo de diagrama de relaciones.

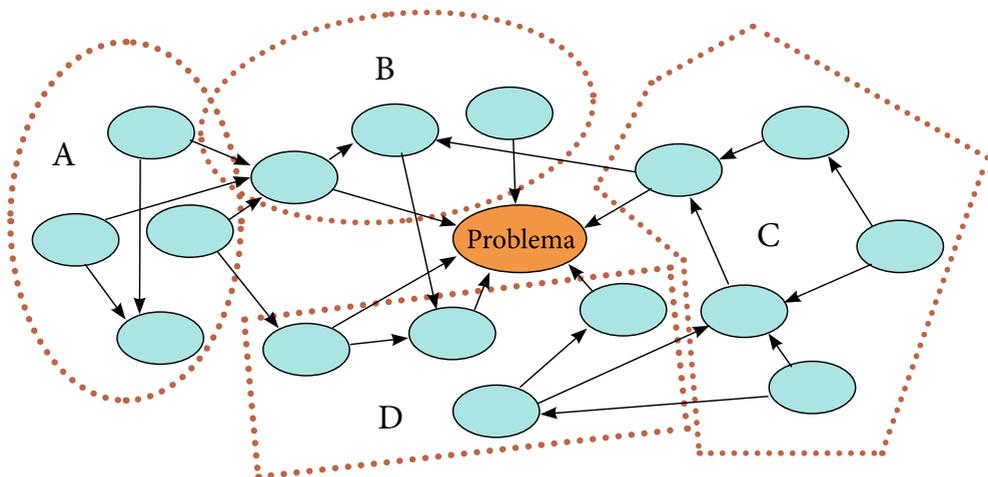
En la figura 26 se muestra un esquema de los tipos de diagramas de relaciones que existen.

FIGURA 26. Tipos de diagramas de relaciones

Aplicado con estructura organizacional

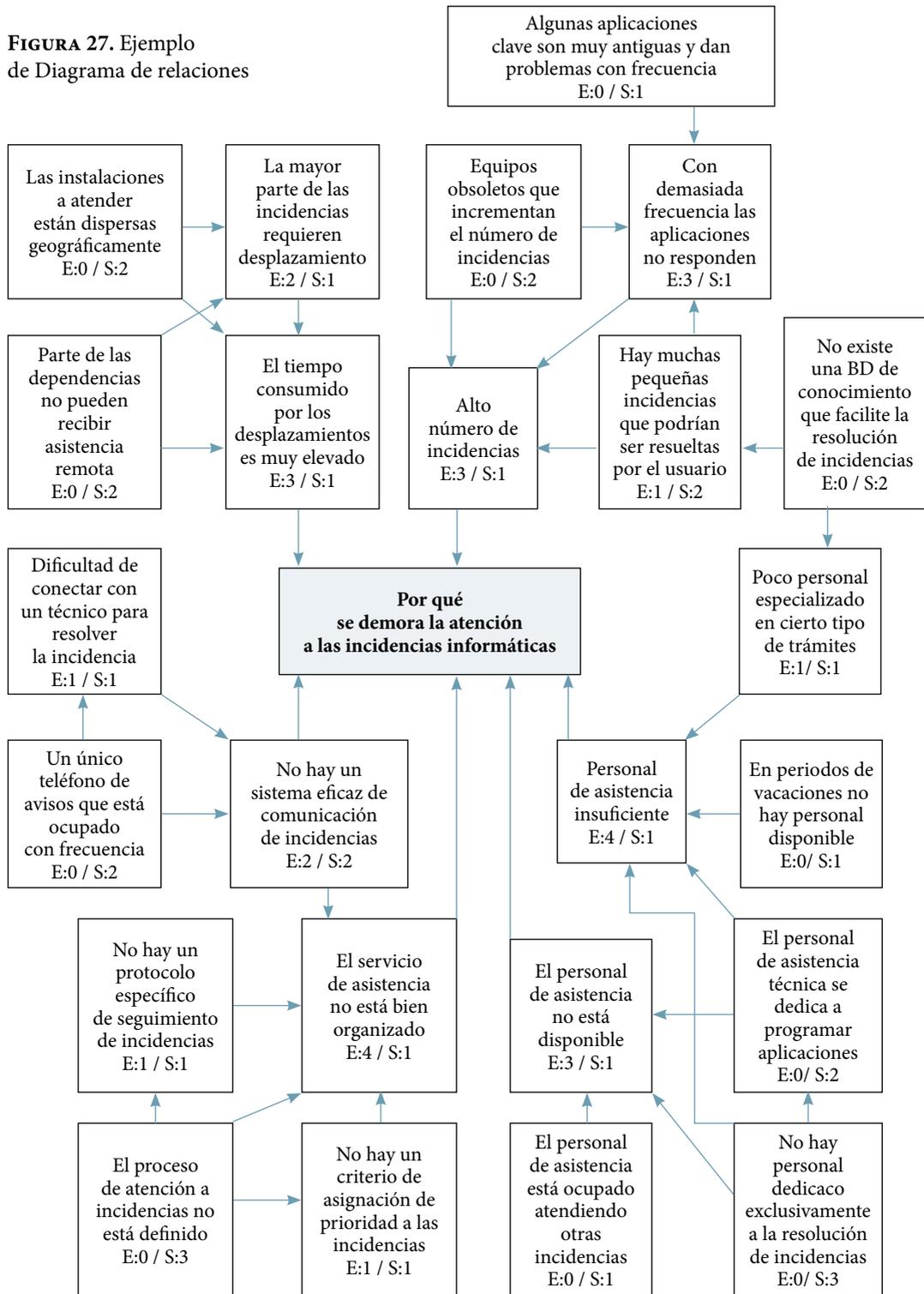


Aplicado con factores agrupados



NOTA: Diagrama de relaciones. (2011). <http://mejoracontinuatotal.blogspot.com/2011/10/diagrama-de-relaciones.html>

**FIGURA 27.** Ejemplo de Diagrama de relaciones



**NOTA:** Diagrama de relaciones. (sf). <https://www.aiteco.com/diagrama-de-relaciones/>

## 19. Diagramas Sistemáticos

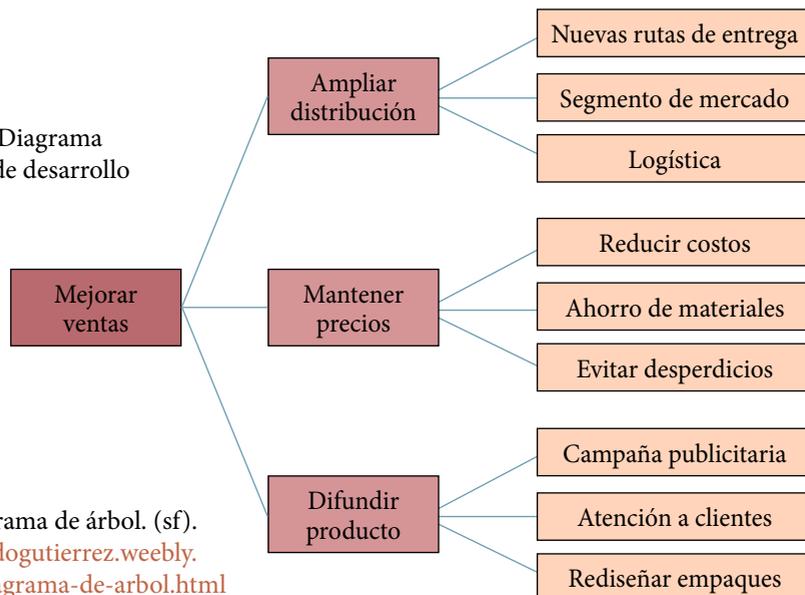
**FUENTE:** Mizuno, Shigeru. Management for Quality Improvement The 7 New Qc Tools, Ed. Productivity, 1988

El método de diagramas sistemáticos es una técnica que ayuda a pensar sistemáticamente sobre cada aspecto de la resolución de un problema o el logro de una meta particular. Se asemeja al diagrama de árbol utilizado en probabilidad y estadística, desarrollando las relaciones de raíz y rama entre diversas partes de un método. Esta herramienta ayuda a seleccionar el método óptimo para lograr una meta.

Hay dos tipos básicos de diagramas sistemáticos: «desarrollo de planes» y «desarrollo de componentes». El diagrama sistemático de desarrollo de planes se emplea para desarrollar métodos y políticas para lograr sistemáticamente metas y objetivos y se muestra en la figura 28.

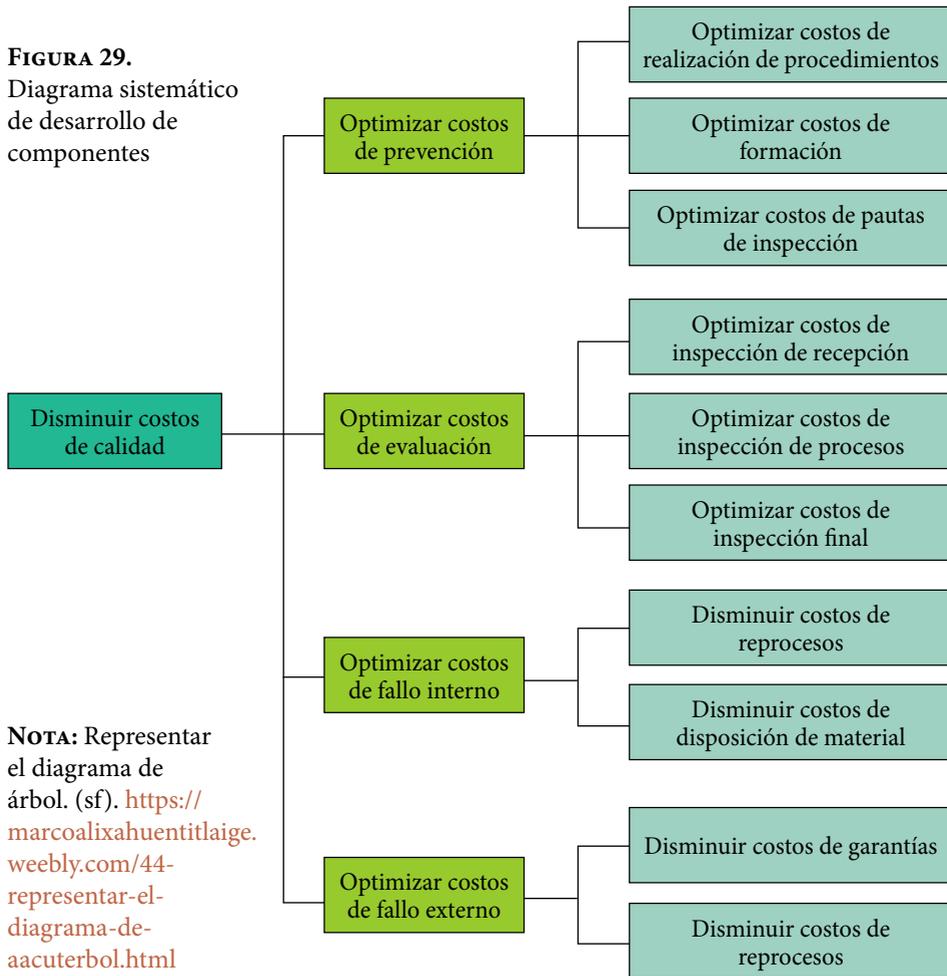
Un diagrama sistemático de desarrollo de componentes se emplea para desarrollar los elementos estructurales del objeto de su actividad de mejora y se muestra en la figura 29.

**FIGURA 28.** Diagrama sistemático de desarrollo de planes.



**NOTA:** Diagrama de árbol. (sf).  
<https://alfredogutierrez.weebly.com/153-diagrama-de-arbol.html>

**FIGURA 29.**  
Diagrama sistemático  
de desarrollo de  
componentes



Existen dos clases de diagramas sistemáticos para desarrollar estos elementos estructurales:

- » Cuando se están considerando las funciones de calidad requeridas, lo más adecuado es hacer un diagrama sistemático de funciones de calidad que analice las funciones primarias, secundarias y terciarias y las características sustitutivas.
- » Cuando se está trabajando en un problema en el que son muchos los factores que afectan las características y se necesita profundizar más allá de los tres niveles de factores causales, un diagrama sistemático de características mostrará sus datos en un formato más fácil de entender que un diagrama de causa-efecto.

Los pasos para hacer un diagrama sistemático se enuncian a continuación:

- Paso 1:** Fijar el objetivo o meta. Escribir en una tarjeta el tema en cuestión o el problema que se desea resolver y colocar dicha tarjeta en la mitad del lado izquierdo de una gran hoja de papel.
- Paso 2:** Desarrollar los medios primarios. Se requiere meditar cuidadosamente sobre los medios primarios para lograr el objetivo (un medio primario es tal que si se implanta se logra directamente el objetivo). Escribir cada medio primario en una tarjeta y colocar las tarjetas a la derecha y en paralelo a la tarjeta en la que haya incluido el objetivo o meta, creando el primer nivel de una configuración de raíz y ramas. Dibujar líneas que conecten raíces y ramas.
- Paso 3:** Desarrollo de medios secundarios. Se vuelven a considerar los medios primarios como objetivos y se analizan varios medios que realizarían su función, escribiéndolos en tarjetas en el formato «medios que conducirán al objetivo» y colocando estas tarjetas a la derecha de los medios primarios para después dibujar líneas que conecten las raíces y las ramas.
- Paso 4:** Desarrollo de medios de orden más elevado. Continuar de la misma manera, tomando los medios secundarios como objetivos de los medios de tercer nivel, los medios de tercer nivel como objetivos de los medios de cuarto nivel, etcétera; ordinariamente este proceso se realiza hasta el cuarto orden. Se debe escribir cada medio en una tarjeta y colocarlas como se muestra en la figura 25. Conviene realizar discusiones de grupo durante este proceso para originar muchas ideas diferentes para su diagrama sistemático.
- Paso 5:** Verificar las relaciones entre objetivos y medios. Una vez que se hayan desarrollado medios del orden más elevado que se pueda implantar, se debe regresar a los medios de primero, segundo, y tercer nivel para revisarlos. Trabajar entonces desde atrás -desde el orden más elevado- y ver si surge algún conflicto cuando se pregunte la cuestión ¿se logra este objetivo si se desarrolla este medio?
- Paso 6:** Hacer un diagrama sistemático. Se requiere ordenar las tarjetas sobre el papel y adherir cada una en su sitio. Para completar el diagrama sistemático se deben dibujar líneas que muestren la relación entre medios y objetivos.

## 20. Diagrama de Matriz

**FUENTE:** Mizuno, Shigeru. Management for Quality Improvement  
The 7 New Qc Tools, Ed. Productivity, 1988

El método de diagrama de matriz se emplea para mostrar la relación entre causas y resultados o entre métodos y objetivos, cuando cada uno de dichos métodos consiste en dos o más elementos o factores. Los resultados y causas u objetivos se ordenan en una cuadrícula de filas y columnas. La identificación de relaciones ente dos elementos o factores, en las intersecciones de filas y columnas, clarifica el problema y ayuda a encontrar medidas para resolverlo.

La figura 30 muestra un ejemplo en el que aparecen los elementos esenciales de un diagrama de matriz. Se emplean diversos símbolos para indicar la presencia y grado de fuerza de una relación entre dos conjuntos de elementos esenciales. Una matriz puede ayudar a ver un problema en su conjunto. Resulta visualmente claro dónde se localiza un problema (los símbolos aparecen aislados) o la amplitud de su rango (los símbolos aparecen en una fila o columna).

**FIGURA 30.** Elementos esenciales de un diagrama de matriz

**NOTA:** Diagrama de Matriz: Tipos. (sf).  
<https://www.aiteco.com/diagrama-de-matriz/>

Características de calidad	Característica A	Característica B	Característica C	⋮	Característica M
Requerimientos del cliente					
Requerimiento A	⊙	⊙			
Requerimiento B	⊙		△		○
Requerimiento C		⊙	△		
⋮					○
Requerimiento N	○		⊙		

⊙ Relación Fuerte    ○ Relación Media    △ Relación Débil

Los diagramas de matriz pueden hacerse con varias configuraciones básicas, denominadas con las letras de las que toman la apariencia. La matriz tipo *L* es una tabla en dos dimensiones que ordena un par de elementos esenciales en filas y columnas. Una matriz tipo *T* es una tabla tridimensional compuesta por dos matrices tipo *L*, con un conjunto de factores en común entre ellas. Hay también matrices tipo *Y* y tipo *X*, combinaciones de tres y cuatro matrices tipo *L*.

El empleo de estas matrices multidimensionales para guiar su pensamiento tiene las siguientes ventajas:

1. Las matrices permiten considerar de una vez todas las relaciones entre varios factores. Puede ver las áreas problema y dónde se concentran.
2. La verificación y evaluación de cada intersección de factores esenciales le permiten tener discusiones que pueden conducir a afinar los detalles.
3. Las matrices posibilitan contemplar combinaciones específicas, determinar los factores esenciales y desarrollar una estrategia efectiva para resolver el problema.

Para realizar un diagrama de matriz se deben aplicar los siguientes pasos:

- Paso 1:** Crear un formato. Dibujar líneas horizontales y verticales sobre papel milimétrico, etiquetando las filas superiores (a la izquierda) con los términos «Fenómeno» o «Problema», y las filas inferiores con «Proceso»; también etiquetar las columnas con «Causa». En la matriz tipo *T*, se contemplarán a las causas en relación con fenómenos y procesos al mismo tiempo.
- Paso 2:** Selección del fenómeno. Seleccionar los problemas de acuerdo con la materia objeto y rellenar las filas de fenómenos de acuerdo con la gravedad y frecuencia de ocurrencia del fenómeno o evento.
- Paso 3:** Selección de causas. Seleccionar las causas que crea están relacionadas con el problema y escribirlas en las columnas de causa.
- Paso 4:** Relacionar los procesos. Escribir los procesos o los procedimientos relacionados con el problema en el orden en que se ejecutan.
- Paso 5:** Examinar el fenómeno y sus causas. Examinar la relación entre el fenómeno y sus causas. Hacer una marca indicando la fuerza de la relación entre un fenómeno y una causa donde intersecten su fila y columna. Por ejemplo, emplear la marca \* para indicar una relación fuerte, la marca \*\* para indicar una relación y una marca \*\*\* para indicar una probable relación. Si la causa y el fenómeno no están relacionados, deje en blanco la intersección de fila y columna.

- Paso 6:** Examinar la causa y el proceso. Examinar la relación entre la causa y el proceso indicando la intersección de filas y columnas con una marca que muestre la fuerza de su relación.
- Paso 7:** Reverificar la relación. Verificar una vez más los símbolos en las intersecciones de cada fenómeno con cada factor causal y los símbolos en la intersección de cada factor causal con cada proceso.
- Paso 8:** Evaluar la importancia de las relaciones tales como \* = 3 puntos, \*\* = 2 puntos, y \*\*\* = 1 punto. Totalizar los puntos en cada fila de fenómeno y proceso y en cada columna de causas y utilizar estos totales para evaluar cuantitativamente la importancia de muchos problemas diferentes asociados con cada fenómeno, causa y proceso.

En la figura 31 se muestra un ejemplo de diagrama de matriz.

**FIGURA 31.** Ejemplo de un diagrama de matriz

**NOTA:** Diagrama de Matriz: Tipos. (sf). <https://www.aiteco.com/diagrama-de-matriz/>

		CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD													
		Reducido número de trámites	Impresos disponibles en cantidad suficiente	Impresos con contenido sencillo	Lenguaje inteligible en impresos y comunicaciones	Procedimientos administrativos ágiles y eficientes	Señalizaciones exteriores e interiores	Rapidez en la atención	Personal técnicamente preparado	Personal con capacidad de comunicación	Trato amable	Integridad de la cola	Luminosidad	Servicios y elementos accesorios (asientos, teléfono público, etc.)	Acceso externo (teléfono, fax, internet)
RESOLVER LOS ASUNTOS Y GESTIONES CON FACILIDAD	Hacer pocas gestiones para resolver un asunto	⊙				○									△
	Impresos fáciles de cumplimentar			⊙	⊙										
	Respuesta rápida de la Administración	⊙				⊙					△				
	Realizar los trámites con rapidez	⊙	⊙	⊙	△	△	△	⊙	○	△		△			⊙
OBTENER INFORMACIÓN CLARA Y PRECISA	Información correcta y sin errores	△		△	△				⊙	⊙					
	Información inteligible	△		○	⊙				⊙	⊙					
RECIBIR UN BUEN TRATO	Atención amable y considerada							⊙		⊙	⊙	⊙			
	No sufrir interrupciones cuando se está siendo atendido										⊙	△			
INSTALACIONES ADECUADAS	Condiciones ambientales agradables											⊙			
	Cómodas y funcionales												⊙		

⊙ Relación Alta = 9; ○ Relación Media= 6; △ Relación Baja= 3

Los diagramas de matriz se emplean a menudo en las siguientes aplicaciones:

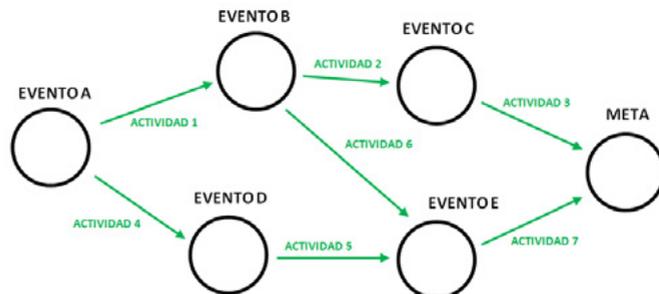
1. Para clarificar la relación entre la calidad funcional que requiere el usuario y las características de calidad que deben producirse durante el período de fabricación. Los diagramas de matriz se emplean en tablas de calidad y matrices de despliegue de calidad.
2. Para evaluar los métodos y medidas relativos a un punto en particular desde muchas perspectivas diferentes, el diagrama puede combinar técnicas tales como la trama analítica de las 6M (mano de obra, máquinas, materiales, métodos, mediciones y medio ambiente), una evaluación de importancia, urgencia, efectividad anticipada, costos y objeto de cada medida, así como la trama de las seis preguntas qué, porqué, cuándo, quién, dónde, cómo, para hacer más específicas las medidas que se implanten.
3. Para clasificar las relaciones entre tres elementos tales como fenómeno, causas y medidas para resolver el problema, o factores problemáticos, componentes y procesos. Este proceso le ayuda a aislar los puntos esenciales para resolver el problema.

## 21. Diagrama de Flechas

**FUENTE:** Mizuno, Shigeru. Management for Quality Improvement The 7 New Qc Tools, Ed. Productivity, 1988.

Los diagramas de flechas se derivan de los diagramas de programación PERT (Program Evaluation and Review Technique) desarrollados por la U.S. Navy en 1958, y emplean una red de flechas para representar las actividades de un programa. El orden de los pasos de un proceso y su relación con otro se representa mediante una red de flechas conectadas y puntos como el que se muestra en la figura 32.

**FIGURA 32.** Esquema básico de un diagrama de flechas



**NOTA:** Las 7 Nuevas Herramientas de la Calidad. (2016). <http://ctcalidad.blogspot.com/2016/11/las-7-nuevas-herramientas-de-la-calidad.html>

Algunos tipos de planes diarios pueden diseñarse y gestionarse eficientemente empleando diagramas de flechas. Los diagramas de flechas tienen las siguientes ventajas respecto a los diagramas de Gantt empleados a menudo para hacer programas diarios:

1. Hacen fácil determinar el efecto de la ralentización de una acción en operaciones relacionadas y en el programa entero.
2. Facilitan determinar qué operaciones pueden realizarse en paralelo y cuáles tienen que acelerarse para acortar el programa.

3. Aclaran qué operaciones deben gestionarse más estrictamente para satisfacer una fecha de entrega final.
4. Permiten hacer previsiones apropiadas a un plan sin perturbar el programa entero, si una operación está inevitablemente retrasada y son necesarias operaciones adicionales.

Un diagrama de flechas consiste esencialmente en flechas y círculos. Los símbolos gráficos y terminología usada se muestran a continuación.

1. La operación, punto de conexión, número de nudo, y símbolos de operaciones ficticias y sus significados se muestran en la figura 32.
2. Operaciones previas y operaciones siguientes: si la operación B no puede comenzar hasta que se haya terminado la operación A, la operación A es la operación previa de la operación B y la operación B es la operación siguiente para la operación A.
3. Operaciones paralelas: Cuando las operaciones A y B tienen que proceder durante el mismo período de tiempo, son operaciones en paralelo.

Para graficar este tipo de diagramas existen ciertas reglas básicas:

1. Un par de números de nodos o puntos de conexión debe indicar solamente una operación. Esto significa que dos puntos de conexión deben estar conectados por una sola flecha. Para mantener esta regla, cuando se trate de indicar correlaciones entre trabajos conviene utilizar una operación ficticia como una flecha discontinua, pero no relación de tiempo.
2. No conviene crear un ciclo en operaciones relacionadas; por ejemplo, no debe hacerse un ciclo tal como el que se muestra en la figura 30 que implica a las operaciones B, C y E. La secuencia de las operaciones no puede proceder en un ciclo como el mostrado en esta figura.
3. No utilizar una operación ficticia innecesaria.

Aplicar los pasos siguientes para crear un diagrama conforme se desarrolla el programa:

**Paso 1:** Listar las operaciones necesarias. Preparar una lista completa de las operaciones que se necesitarán para rematar el tema.

- Paso 2:** Preparar tarjetas de operación. Listar todas las operaciones requeridas escribiendo cada operación en una tarjeta (estas tarjetas se denominan tarjetas de operación).
- Paso 3:** Ordenar las tarjetas de operación. Distribuir las tarjetas sobre una gran hoja de papel ordenándolas de izquierda a derecha sobre el papel de acuerdo con las relaciones entre operaciones previas y siguientes y eliminando las tarjetas innecesarias o redundantes; si hay alguna omisión, escribir una tarjeta y colocarla con las demás.
- Paso 4:** Determinar la posición de las tarjetas de operación. Colocar las series de tarjetas de operación que contengan la mayoría de las tarjetas en el centro, dejando espacios entre las tarjetas para dibujar nodos (puntos de conexión), colocando las tarjetas relacionadas con operaciones que se realizarán en paralelo bien en la parte superior o inferior de operaciones con el mismo tiempo.
- Paso 5:** Preparar un diagrama de flechas. Después de determinar las posiciones de todas las tarjetas de operación, adherir con cinta o pegamento todas las tarjetas en su lugar y dibujar flechas que conecten los nodos, utilizando operaciones ficticias si es necesario y escribiendo los números de nodo en el orden en el que se realizarán las operaciones.
- Paso 6:** Escribir la magnitud de los tiempos requeridos. Determinar la magnitud del tiempo requerido para completar cada operación y escribir dichas magnitudes debajo de la flecha de la operación correspondiente.

## 22. Modelado de procesos

**FUENTE:** Rincón Martínez Ángel <https://www.gestiopolis.com/definicion-fases-del-mapeo-alcance-procesos/>, 2017

Un modelo de procesos es una expresión abstracta, teórica o gráfica (mapa) de los procesos principales de una organización.

A la representación gráfica de un proceso se le denomina diagrama o mapa de proceso. Un mapa de procesos es un mapa conceptual que permite identificar con facilidad las interrelaciones existentes entre distintas actividades, descomponer cada actividad, definir las interrelaciones con otros procesos, e identificar los subprocesos comprendidos, lo que permite detectar los problemas existentes y las oportunidades de mejora.

¿Quiénes participan en la diagramación o mapeo de un proceso?

Los expertos del proceso, las personas que llevan a cabo el trabajo, con el apoyo de un asesor o coordinador que tenga conocimientos y experiencia en el mapeo de procesos.

Los expertos citados antes deben ser personas que trabajan en el proceso con el conocimiento y experiencia de los siguientes factores:

- a) Actividades;
- b) Insumos y productos;
- c) Proveedores y clientes;
- d) Puntos finos y trucos del proceso;
- e) Forma de evaluar el desempeño del proceso.

Es importante que se mezclen habilidades, edades, fuerzas personales, educación y todo tipo de factores de personalidad y funciones laborales para lograr un grupo con ideas y puntos de opinión variados que enriquezcan el proceso al momento de discutir y estandarizar.

Para entender el proceso es recomendable:

- » Describir el proceso.
- » Identificar los principales resultados o productos del proceso y sus respectivos clientes (las necesidades y preocupaciones de los clientes).
- » Identificar las principales necesidades del proceso o subprocesso (insumos) que se está mapeando.
- » Describir un proceso estándar.

Preguntas iniciales que se deben responder:

- » ¿Qué hace el proceso actualmente?
- » ¿Qué se supone debe producir o realizar?
- » ¿Cómo está relacionado el proceso a las necesidades del cliente?
- » ¿Cuál es la mejor manera conocida al día de hoy para realizar dicho proceso?

Características fundamentales de los procesos:

- » A través del tiempo tienden hacia el confort más que hacia la competitividad.
- » Todas las personas trabajan dentro de un proceso y debe haber un responsable para cada uno de ellos.
- » Existe una gran variabilidad en la aplicación de los elementos de los procesos (personas, materiales, información y técnicas). Al reducir la variación, se mejoran los resultados.
- » La falta de estándares de trabajo llevan a la confusión y generan variabilidad.

Existen cuatro áreas generales donde comúnmente se generan la mayoría de los problemas en los procesos:

- a) Falta de entendimiento del proceso, tanto a nivel administrativo como operativo.
- b) Poco conocimiento de las necesidades y deseos de los clientes.
- c) Falta de mediciones de control de procesos en puntos clave.
- d) Mala comunicación entre las áreas.

Puntos clave para identificar qué procesos requieren de atención:

- » Como iniciativa de algún plan dentro de la organización, se determina qué proceso requiere mejoras.
- » Cualquier proceso nuevo.
- » Procesos donde exista insatisfacción de clientes externos y/o internos.
- » Todos los procesos que de algún modo estén relacionados a la seguridad del personal o a cuestiones ambientales.
- » Procesos que no han sufrido algún cambio en mucho tiempo.
- » Cuando alguna certificación, ley o reglamento requiere que un proceso sea estandarizado o documentado.
- » Cuando se reciben quejas constantes, devoluciones, trabajos que requieren hacerse más de una vez, fechas no cumplidas, moral baja, rotación de personal, baja productividad o malos resultados en auditorías, entre otro tipo de problemas.

Es de gran importancia entender y cumplir que primeramente se deben estandarizar los procesos para luego medir los factores clave de estos. Con el resultado de dicha medición y las nuevas propuestas de mejora (muchas de las cuales surgen durante el proceso de estandarización) se generan nuevos procesos estándares. Todo esto a través de un proceso de mejora continua.

El procedimiento que se propone consta de los siguientes pasos:

1. Definir el enfoque y alcance del modelado.
  - a) Alinear con la estrategia organizacional.
  - b) Obtener el compromiso de los niveles directivos.
  - c) Identificar a los actores clave.
  - d) Definir tiempos y recursos necesarios.
2. Definir el método y norma documental de modelado.
  - a) Definir el método a aplicar.
  - b) Definir los niveles de mapeo y accesorios a integrar.
  - c) Desarrollar el manual de convenciones.
3. Capacitar a los involucrados.
  - a) Capacitar en los procesos a los involucrados.

4. Valorar disposición organizacional, definir políticas y riesgos, y elaborar plan de trabajo.
  - a) Elaborar plan de trabajo y el papel que juegan los actores, responsabilidades, recursos, riesgos.
  - b) Agendas de entrevistas y reuniones.
  - c) Plan de comunicación.
  - d) Políticas y reglas del proyecto.
  
5. Preparar modelado de procesos.
  - a) Confirmar con los actores su participación.
  - b) Preparar logística para entrevistas, talleres y reuniones.
  - c) Definir reglas para reuniones.
  
6. Recopilar información y proponer mapa de procesos.
  - a) Llevar a cabo las actividades conforme al plan de trabajo.
  - b) Evaluar la participación de los involucrados.
  - c) Escalar eventualidades jerárquica y funcionalmente.
  
7. Confirmar y validar modelo de procesos.
  - a) Confirmar con los actores clave los mapas.
  - b) Validar con los patrocinadores los mapas.
  - c) Establecer formalmente el modelo mapeado.
  - d) Comunicar a los actores que interactúan su aplicabilidad.
  
8. Para cada proceso seleccionado se debe establecer un plan de inspección que es un documento que contiene todas las etapas por las que atraviesa un proceso, destacando aquellas donde se realiza algún tipo de verificación, para asegurar la calidad de cada etapa.

El mapa conceptual del proceso contiene todas las etapas por las que atraviesa dicho plan; para cada etapa deben describirse las acciones (¿qué?), los responsables de ejecutarlas (¿quién?), el lugar donde se ejecutarán (¿dónde?), los indicadores a usar que definirán cómo medir el desempeño en cada acción, las metas a alcanzar (¿cuánto se pretende alcanzar de cada indicador?), la forma en la que se llevarán a cabo las acciones (¿cómo?), con qué instrumentos de trabajo, los instructivos de operación de los instrumentos a usar, la frecuencia con la que se realizarán las acciones (¿cuándo?), los documentos y registros donde se registrarán los resultados y cómo se reaccionará ante una no conformidad.

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

**FUENTE:** Tamborero, J. 1997. Traducción del capítulo 15 del libro de David L. Goetsch y Stanley Davis. Introduction to Total Quality. Editorial Merrill, 1996. <https://avdiaz.files.wordpress.com/2012/06/estructura.pdf>

El despliegue de la función de calidad es una herramienta que le permite a una organización detectar las necesidades de los clientes, jerarquizarlas, encontrar respuestas innovadoras a esas necesidades, traducir esas necesidades en prototipos o modelos y posteriormente en especificaciones y planos, diseñar y mejorar procesos para rebasar las expectativas del cliente.

Shigeru Mizuno y Yoji Akao crearon QFD en Japón en los años 60 y se implantó en el Astillero Kobe. Su uso se extendió por todo Japón, y todavía se usa en las industrias de manufactura y de servicios. Xerox lo introdujo en los EUA a mediados de los 80.

El Prof. Mizuno ha sido galardonado con la Medalla con Cinta Púrpura (1974) y la Tercera Clase de la Orden del Sol Naciente (1982) en reconocimiento a sus muchas contribuciones a la productividad industrial y al bienestar económico de Japón.

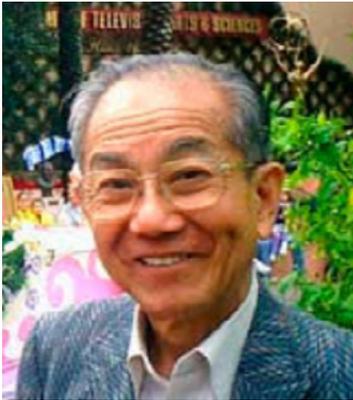
De sus libros vale la pena destacar dos: *Company-Wide Total Quality Control*, Ed. Asian Productivity Organization, 1988; y, *Management for Quality Improvement. The 7 New QC Tools*. Ed. Productivity Inc, 1979.



**FIGURA 33.** Shigeru Mizuno

**NOTA:** Shigeru Mizuno.  
<https://eunicelosum.wordpress.com/shigeru-mizuno/>

Yoji Akao (1928-2016) fue un especialista en planificación japonés reconocido como el desarrollador de la técnica de planeación de calidad (conocida como Hoshin-Kanri), cofundador junto con Shigeru Mizuno de la herramienta conocida como Quality Function Deployment y del Quality Function Deployment Institute. Akao recibió un PhD en 1964 del Instituto de Tecnología de Tokio. Fue ganador del premio Deming de Japón en 1978.



**FIGURA 34.** Yoji Akao (1928-2016)

**NOTA:** Dr. Yoji Akao. (2010).  
[http://www.qfdi.org/who\\_is\\_qfdi/newsletter\\_archive/qfd\\_achievements\\_in\\_international\\_quality.html](http://www.qfdi.org/who_is_qfdi/newsletter_archive/qfd_achievements_in_international_quality.html)

La analogía más usada para explicar cómo está estructurado el QFD es la figura del perfil de una casa. La figura 35 muestra cómo se integra una matriz QFD básica.

La componente 1, el cuadro de la izquierda, representa las entradas de los clientes. Esta es la etapa en el proceso en la que se determinan los requerimientos del cliente relacionados con el producto. A esta componente también se le conoce como la Voz del Cliente.

En la parte situada abajo del techo triangular se encuentra la componente 2, la cual se utiliza para indicar los requerimientos actuales y las especificaciones de los proveedores para satisfacer los requisitos de los clientes.

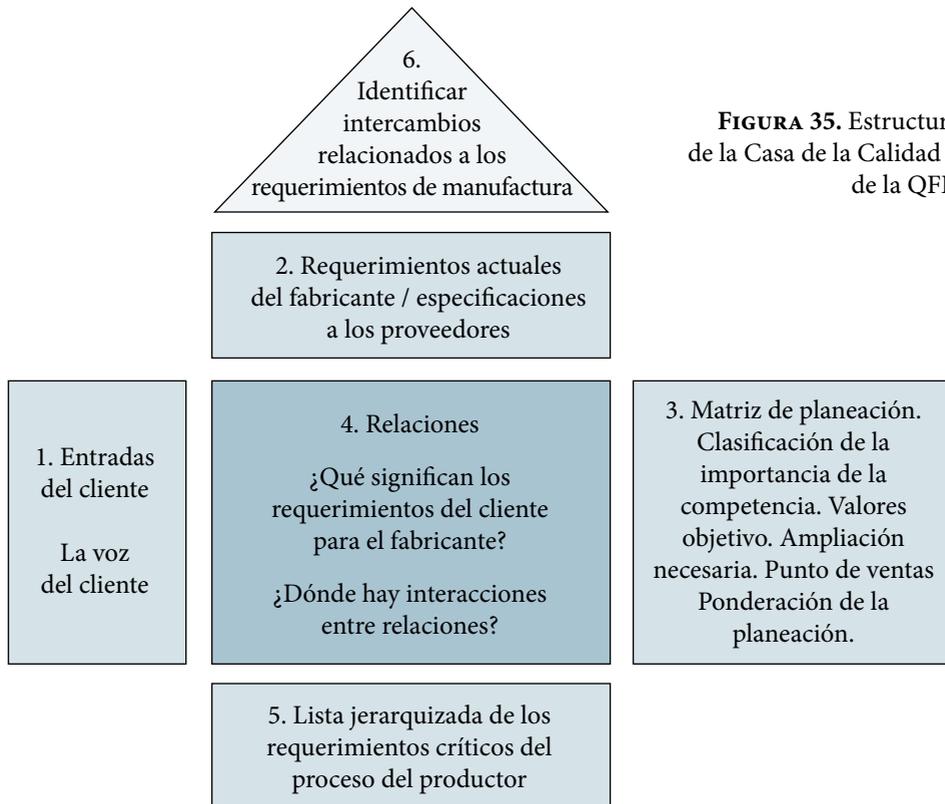
La componente 3, a la derecha de la casa, representa la matriz de planeación. Este es el componente más ampliamente asociado con QFD. La matriz de planeación es el componente que se usa para traducir los requerimientos del cliente en planes para satisfacerlos o sobrepasarlos. Incluye marcar los requisitos del cliente en una matriz y los procesos de manufactura en otra, jerarquizando los requisitos del cliente, y tomando decisiones relacionadas a las mejoras necesarias en los procesos de manufactura.

El centro de la casa, componente 4, es donde se convierten los requisitos del cliente en términos o expresiones de manufactura. Si un cliente quiere que la vida operativa (útil) de su producto sea doce meses en lugar de seis, ¿qué significa

esto en términos de los materiales empleados? ¿El diseño? ¿Los procesos de manufactura?

El fondo o base de la casa, componente 5, es donde se jerarquizan los requisitos del proceso que son críticos. ¿Cuál requisito de manufactura es más importante en términos de satisfacer o sobrepasar los requisitos del cliente? ¿Cuál es el siguiente? y así sucesivamente. Cada requerimiento jerarquizado del proceso recibe una puntuación que representa su nivel de dificultad o qué tan difícil es lograrlo.

El techo exterior de la casa, componente 6, es donde se identifican los trade-offs (en español solución de compromiso, tal como se usa en ingeniería y diseño), es la decisión tomada en una situación en la cual se debe perder cierta cualidad a cambio de otra. Estos trade-offs tienen que ver con los requisitos del productor. En vista de los requisitos de su cliente y de sus capacidades de manufactura, ¿qué es lo mejor que puede hacer la organización?



**FIGURA 35.** Estructura de la Casa de la Calidad o de la QFD

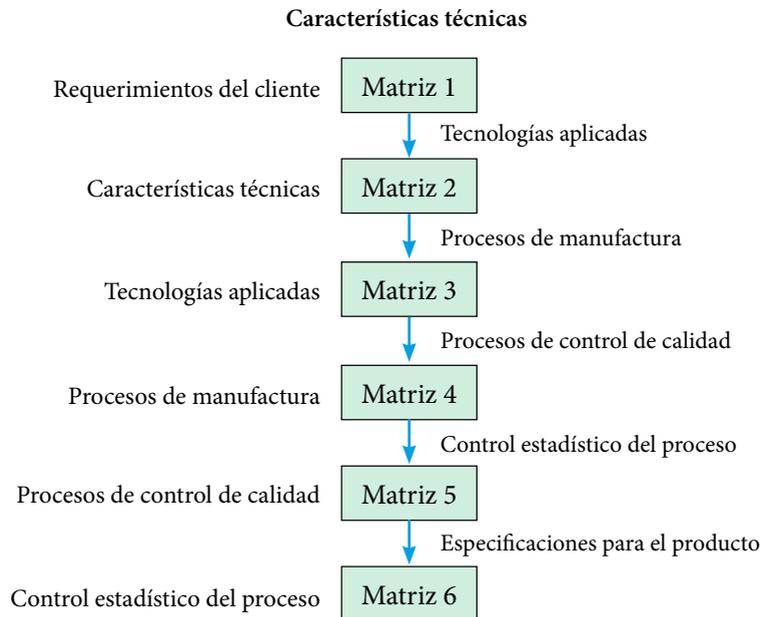
**NOTA:** Tamborero, J. 1997, traducción del capítulo 15 del libro de David L. Goetsch y Stanley Davis. Introduction to Total Quality. Editorial Merrill, 1996. <https://avdiaz.files.wordpress.com/2012/06/estructura.pdf>

Cada matriz desarrollada como parte del proceso QFD debe estructurarse conforme a la casa que se ilustra en la figura 35. Habrá seis de tales matrices en un ciclo completo del proceso QFD.

La figura 36 muestra el flujo y el enfoque de un ciclo completo del proceso QFD. El propósito de cada matriz se explica en los siguientes apartados:

- » La matriz 1 se usa para comparar los requerimientos del cliente con las características técnicas del producto. Todas las otras matrices se originan de esta primera.
- » La matriz 2 se usa para comparar las características técnicas en la matriz 1 con sus tecnologías aplicadas asociadas. Estas dos matrices producen la información necesaria para contestar las siguientes preguntas: (1) ¿Qué quiere el cliente? (2) ¿Cuáles son los requisitos técnicos relacionados con las características que quiere el cliente? (3) ¿Qué tecnologías son necesarias para satisfacer o sobrepasar los requisitos del cliente? y (4) ¿Cuáles son los trade-offs que tienen que ver con los requerimientos técnicos?

**FIGURA 36.** El proceso QFD: Un ciclo completo

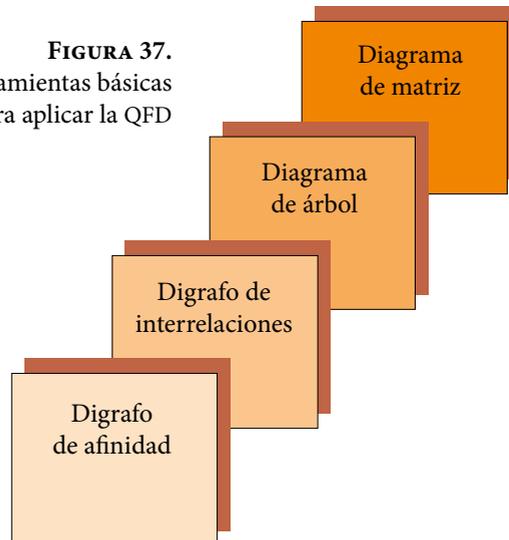


**NOTA:** Tomado de Traducción del capítulo 15 del libro de David L. Goetsch y Stanley Davis. Introduction to Total Quality Tamborero, J. 1997., Editorial Merrill, 1996. <https://avdiaz.files.wordpress.com/2012/06/estructura.pdf>

- » La matriz 3 se usa para comparar las tecnologías aplicadas de la matriz 2 con sus procesos de manufactura asociados. La matriz ayuda a identificar variables críticas en los procesos de manufactura.
- » La matriz 4 se usa para comparar los procesos de manufactura de la matriz 3 con sus procesos de control de calidad asociados. Esta matriz produce la información necesaria para optimizar procesos. A través de la experimentación, se determina la confiabilidad y repetibilidad de los procesos.
- » La matriz 5 se usa para comparar los procesos de control de calidad con sus procesos de control estadístico del proceso. Esta matriz ayuda a garantizar que se están usando los parámetros y variables del proceso adecuados.
- » La matriz 6 se usa para comparar los parámetros del control estadístico del proceso con las especificaciones que se han desarrollado para el producto terminado. En este punto, se hacen ajustes para garantizar que el producto fabricado es el producto que quiere el cliente. El proceso QFD garantiza que todos los recursos se usen óptimamente de forma tal que maximicen las posibilidades de la organización para satisfacer o exceder los requerimientos del cliente.

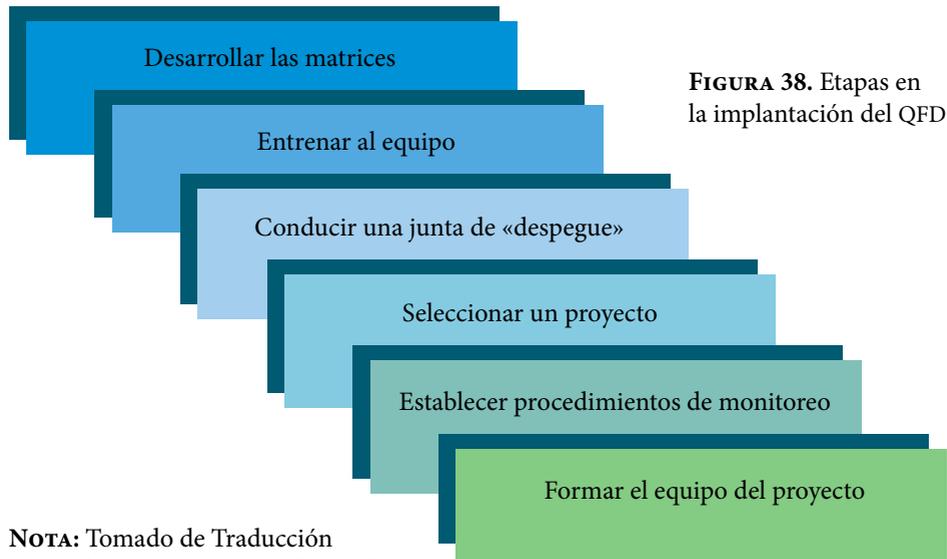
Las herramientas que se requieren para aplicar la QFD se muestran en la figura 37.

**FIGURA 37.**  
Herramientas básicas  
para aplicar la QFD



**NOTA:** Tomado de Traducción del capítulo 15 del libro de David L. Goetsch y Stanley Davis. Introduction to Total Quality Tamborero, J. 1997,. Editorial Merrill, 1996. <https://avdiaz.files.wordpress.com/2012/06/estructura.pdf>

Las etapas en la implantación de la QFD se muestran en la figura 38.



**NOTA:** Tomado de Traducción del capítulo 15 del libro de David L. Goetsch y Stanley Davis. Introduction to Total Quality Tamborero, J. 1997,. Editorial Merrill, 1996.

<https://avdiaz.files.wordpress.com/2012/06/estructura.pdf>

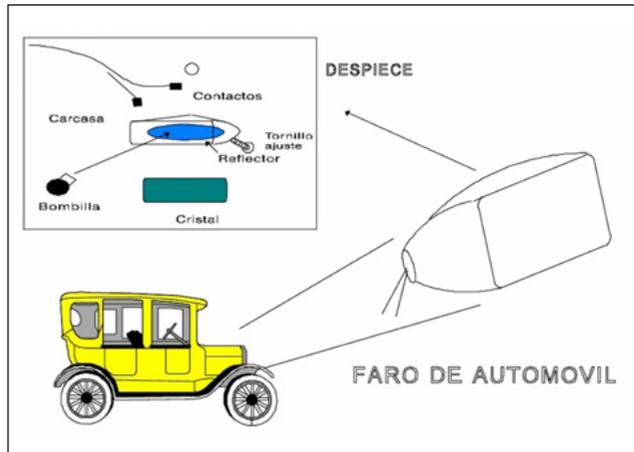
Se muestra a continuación un ejemplo de aplicación de la QFD aplicada al diseño de un faro de automóvil.

**FUENTE:** <https://es.scribd.com/document/167477648/2935466-AMEF-Analisis-Modal-de-Fallas-yEfectos>.

- » **Objeto del estudio:** Conjunto faro montado en un automóvil. Se fabrica tanto para primer equipo como para recambios.
- » **Componentes:**
  - Carcasa: Recubrimiento exterior de todo el conjunto. De material plástico.
  - Espejo reflector: Recubrimiento interior de la carcasa. Hoja metálica con recubrimiento plateado que aumenta la luminosidad de la bombilla a base de múltiples reflexiones.
  - Cristal: Cierre exterior delantero de todo el conjunto, permite el paso de la luz. En material plástico a pesar de su nombre. Es la única pieza visible desde el exterior del vehículo.
  - Bombilla: Fuente de luz.
  - Casquillo: Punto de sujeción de la bombilla.
  - Contactos: Puntos de conexión del casquillo a la red eléctrica del vehículo.
  - Contactos metálicos a los que se conectan las terminales correspondientes.

**FIGURA 39.** Localización de un faro de automóvil

**NOTA:** AMFE: Análisis modal de fallos y efectos. (2010). <https://es.slideshare.net/miriammilan/cfakepathamfec-far-cotxe>



**FIGURA 40.** Tabla de categorización 1

A	B	C	D	E	F	G
Palabras del cliente	Requisitos del cliente	Características de calidad	Funciones requeridas	Incorporar mecanismos	Soluciones constructivas	Modos de fallo
Fiabilidad	Larga vida	Vida útil				
	Vida útil sin fallos	Fiabilidad				
Que sea barato	Que sea barato	Precio				
Que dé buena luz	Que permita ver bien	Potencia de haz luminoso				
Que sea resistente	Que sea duradero	Fiabilidad				Roturas y rayados
	Que aguante golpes	Resistencia al impacto				
Que pase bien la luz	Que permita ver bien	Potencia haz	Buena iluminación			
	Que sea limpio	Alcance				
		Pérdida de luminosidad				
Fácil de cambiar la bombilla	Fácil de mantener	Facilidad de cambiar bombilla				
Que no se estropee	Vida útil sin fallos	Fiabilidad				
Que cumpla las normas	Ausencia de problemas legales	Cumplimiento de normativas				Posibles problemas: homologación, multas,...
Fácilmente regulable	Posibilidad de diferentes regulaciones de enfoque, altura de haz	Diferentes regulaciones	Ajuste y reglado	Sistema de..		
	Fácil mantenibilidad	Mantenibilidad				
Consuma poco	Poca pérdida de potencia	Bajo consumo				
	Duración de partes eléctricas	Calidad de los componentes				
Bonito, elegante	Estética	Estética				

**FUENTE:** AMFE: Análisis modal de fallos y efectos. (sf). <https://es.scribd.com/document/167477648/2935466-AMEF-Analisis-Modal-de-Fallas-yEfectos>

**Glosario:**

Objeto del estudio: Faro automóvil.

Padre: QUE TENGA BUENA VIDA ÚTIL

Hijos: QUE NO SE ROMPA  
(DURO, RESISTENTE A GOLPES)  
Que no se rompa con impactos.

QUE TENGA POCAS AVERÍAS

Sin averías.

QUE DURE MUCHO FUNCIONANDO

Vida de funcionamiento.

Padre: QUE TENGA BUEN DISEÑO

Hijos: QUE SEA BONITO  
Estética.

QUE SEA AERODINÁMICO

Montado en el vehículo.

QUE TENGA POSIBILIDAD DE DAR VARIOS COLORES

Diferentes colores o tonos de luz: amarillo, blancos.

Padre: QUE TENGA BUEN FUNCIONAMIENTO

Hijos: QUE TENGA BUENAS PRESTACIONES  
Que dé buena luz, alcance, ...

QUE SE VEA BIEN SIEMPRE

Incluso en condiciones malas.

QUE ALUMBRE A DISTANCIA

Alcance del haz.

QUE TENGA BAJO CONSUMO

Bajo consumo.

Padre: QUE SEA FÁCIL DE REPARAR  
Hijos: QUE SEA SEGURO DE MANEJAR  
Que no cause daño al que lo manipula  
(cortes, descargas eléctricas ...).

QUE SEA FÁCIL DE EXTRAER  
Comodidad de sacarlo de su ubicación.

QUE SEA SENCILLO DE MANEJAR  
Sencillo de desarmar, de sacar la bombilla.

QUE PUEDA ENCONTRAR RECAMBIOS  
Facilidad para encontrar recambios.

Padre: QUE TENGA BUENAS FUNCIONALIDADES  
Hijos: QUE SEA POSIBLE ORIENTAR LA LUZ  
Orientación en altura (regulación)  
y en dirección (derecha, izquierda).

QUE SE MANTENGA LIMPIO  
Que la porquería no se adhiera excesivamente,  
que no se manche con facilidad, fácil de limpiar.

QUE SEA DE SEGURIDAD PARA EL FUNCIONAMIENTO  
Que no falle funcionando (guiños, apagones pequeños,  
fallos intermitentes, ...).

FIGURA 41. Tabla de Cómo

Cómo	Forma de medir	Unidades de medida	Sentido óptimo
Resistencia al impacto	Prueba de laboratorio: resistencia de rotura del cristal al impacto de lemento sólido de 1 cm de diámetro	km/hora	
Fiabilidad	MTBF. Tiempo medio entre fallos	Horas funcionando	
Durabilidad	Vida útil estimada	Años	
Estética	Encuesta usuarios	Valoración 1-10	
Coeficiente aerodinámico	Medida en túnel de viento	Coef CX	
Visibilidad en malas condiciones	Prueba de iluminación en condiciones extremas	luz	
Alcance	Prueba en total oscuridad	metros	
Consumo eléctrico	Pruebas eléctricas	watts por hora	
Extracción	Prueba con grupo de operarios en condiciones normales	minutos	
Montaje / desmontaje	Prueba con grupo de operarios en condiciones normales	minutos	
Facilidad de repuestos	Nº de componentes estándar en el mercado	% comp. estándar entre total de componentes	
Posibles colores	Nº de colores disponibles	Nº de colores	
Cambios de orientación	Grados que se puede girar, tanto en el sentido horizontal como vertical	Grados	
Grado de limpieza	Prueba de campo	Horas	
Grado de limpieza	Horas que aguanta una luminosidad > 80%		
Seguridad de funcionamiento	Prueba donde se obtienen: guiños, intermitencias, pérdidas de intensidad...	Número de incidencias por cada 10 000 horas	
Seguridad de no dañar	AMEF teórico, cálculo del NPR	NPR máximo número	

**NOTA:** AMFE: Análisis Modal de Fallos y Efectos. (sf). <https://es.scribd.com/document/167477648/2935466-AMEF-Analisis-Modal-de-Fallas-yEfectos>

**FIGURA 42.** Matriz completa

**NOTA:** AMFE: Análisis Modal de Fallos y Efectos. (sf). <https://es.scribd.com/document/167477648/2935466-AMEF-Analysis-Modal-de-Fallas-yEfectos>

	Resistencia al impacto	Fiabilidad	Durabilidad	Estética	Coficiente aerodinámico	Visibilidad en malas condiciones	Alcance	Consumo eléctrico	Extracción	Montaje / desmontaje	Seguridad de no dañar	Facilidad de repuestos	Cambios de orientación	Grado de limpieza	Seguridad de funcionamiento
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Que tenga buena vida útil	1														
Que no se rompa	2														
Que tenga pocas averías	3														
Que dure mucho funcionando	4														
Que tenga buen diseño	5														
Que sea bonito	6														
Que sea aerodinámico	7														
Variabilidad de colores	8														
Que tenga buen funcionamiento	9														
Que tenga buenas prestaciones	10														
Que se vea siempre	11					●	○	☞							
Que alumbre a distancia	12					○	●	☞							
Que tenga bajo consumo	13					☞		●							
Que sea fácil de reparar	14														
Que sea seguro de manejar	15								☞	☞	●				
Que sea fácil de extraer	16								●		☞				
Que sea sencillo de manejar	17								☞	●	○				
Que pueda encontrar recambios	18								☞			●			
Que tenga buenas funcionalidades	19														
Que sea posible orientar la luz	20														
Que se mantenga limpio	21														
Que sea seguro funcionando	22														

**FIGURA 43.** Cruces Qué vs Cómo

**NOTA:** AMFE: Análisis Modal de Fallos y Efectos. (sf). <https://es.scribd.com/document/167477648/2935466-AMEF-Analysis-Modal-de-Fallas-yEfectos>

	Visibilidad en malas condiciones	Alcance	Consumo eléctrico	Extracción	Montaje / desmontaje	Seguridad de no dañar	Facilidad de repuestos
	1	2	3	4	5	6	7
Que se vea siempre	1	●	○	☞			
Que alumbre a distancia	2	○	●	☞			
Que tenga bajo consumo	3	☞		●			
Que sea seguro de manejar	4			☞	☞	●	
Que sea fácil de extraer	5				●	☞	
Que sea sencillo de manejar	6			☞	●	○	
Que pueda encontrar recambios	7			☞			●

**FIGURA 44.** Valoración del mercado

	Importancia	Valoración mercado	Nuestro producto	Competencia X	Competencia Y		Objetivo	Razón de mejora	Argumento de venta	Ponderación absoluta	Ponderación relativa	Orden de importancia
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Que se vea siempre	1	2	3	3	5		4	1,3	1	2,7	8,1	5
Que alumbré a distancia	2	4	2	3	5		3	1,5	1	6	18,1	2
Que tenga bajo consumo	3	3	1	2	4		3	3	1	9	27,2	1
Que sea seguro de manejar	4	4	5	3	3		5	1	1,5	6	18,1	2
Que sea fácil de extraer	5	1	1	3	2		2	2	1	2	6	7
Que sea sencillo de manejar	6	2	5	3	1		5	1	1,2	2,4	7,3	6
Que pueda encontrar recambios	7	5	4	5	3		4	1	1	5	15,1	4

**NOTA:** AMFE: Análisis Modal de Fallos y Efectos. (sf). <https://es.scribd.com/document/167477648/2935466-AMFE-Analisis-Modal-de-Fallas-yEfectos>

**FIGURA 45.** Valoración técnica

**NOTA:** AMFE: Análisis Modal de Fallos y Efectos. (sf). <https://es.scribd.com/document/167477648/2935466-AMFE-Analisis-Modal-de-Fallas-yEfectos>

	Visibilidad en malas condiciones	Alcance	Consumo eléctrico	Extracción	Montaje / desmontaje	Seguridad de no dañar	Facilidad de repuestos
	1	2	3	4	5	6	7
Orientación deseada	1	↑	↑	↓	↓	↓	↑
Ponderación absoluta	2	154	188	271	79,8	98,6	136
Ponderación relativa	3	13,8	16,8	24,2	7,1	8,8	12,2
Orden de importancia	4	4	3	1	7	6	5
Valoración técnica	5						
Nuestro producto	6	310	405	5	5	20	65
Competencia X	7	315	415	4	7	11	67
Competencia Y	8	325	455	3	7	15	57
Objetivo técnico	9	315	420	3			

FIGURA 46. Faro

NOTA: AMFE: Análisis Modal de Fallos y Efectos. (sf).  
<https://es.scribd.com/document/167477648/2935466-AMEF-Analisis-Modal-de-Fallas-yEfectos>

		Visibilidad en malas condiciones	Alcance	Consumo eléctrico	Extracción	Montaje / desmontaje	Seguridad de no dañar	Facilidad de repuestos	Importancia	Valoración mercado	Nuestro producto	Competencia X	Competencia Y	Objetivo	Razón de mejora	Argumento de venta	Ponderación absoluta	Ponderación relativa	Orden de importancia	
		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Que se vea siempre	1	●	○	☞					2		3	3	5		4	1,3	1	2,7	8,1	5
Que alumbré a distancia	2	○	●	☞					4		2	3	5		3	1,5	1	6	18,1	2
Que tenga bajo consumo	3	☞		●					3		1	2	4		3	3	1	9	27,2	1
Que sea seguro de manejar	4				☞	☞	●		4		5	3	3		5	1	1,5	6	18,1	2
Que sea fácil de extraer	5				●		☞		1		1	3	2		2	2	1	2	6	7
Que sea sencillo de manejar	6				☞	●	○		2		5	3	1		5	1	1,2	2,4	7,3	6
Que pueda encontrar recambios	7					☞		●	5		4	5	3		4	1	1	5	15,1	4
Orientación deseada	1	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↑												
Ponderación absoluta	2	154	188	271	79,8	98,6	191	136												
Ponderación relativa	3	13,8	16,8	24,2	7,1	8,8	17,1	12,2												
Orden de importancia	4	4	3	1	7	6	2	5												
Valoración técnica	5																			
Nuestro producto	6	310	405	5	5	20	60	65												
Competencia X	7	315	415	4	7	11	85	67												
Competencia Y	8	325	455	3	7	15	98	57												
Objetivo técnico	9	315	420	3																

## 24. Análisis del Modo y Efecto de la Falla (AMEF)

**FUENTE:** Salazar López, Bryan. Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF). Colombia. 2016. <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/>

El Análisis del Modo y Efecto de la Falla (AMEF) es un procedimiento que permite identificar fallas en productos, procesos y sistemas, así como evaluar y clasificar de manera objetiva sus efectos, causas y elementos de identificación, para de esta forma evitar su ocurrencia y tener un método documentado de prevención.

Una de las ventajas potenciales del AMEF es que esta herramienta es un documento dinámico, en el cual se puede recopilar y clasificar mucha información acerca de los productos, procesos y el sistema en general. La información es un capital invaluable de las organizaciones.

El procedimiento AMEF puede aplicarse a:

1. **Productos:** El AMEF aplicado a un producto sirve como herramienta predictiva para detectar posibles fallas en el diseño, aumentando las probabilidades de anticiparse a los efectos que pueden llegar a tener en el usuario o en el proceso de producción.
2. **Procesos:** El AMEF aplicado a los procesos sirve como herramienta predictiva para detectar posibles fallas en las etapas de producción, aumentando las probabilidades de anticiparse a los efectos que puedan llegar a tener en el usuario o en etapas posteriores de cada proceso.
3. **Sistemas:** El AMEF aplicado a sistemas sirve como herramienta predictiva para detectar posibles fallas en el diseño del software, aumentando las probabilidades de anticiparse a los efectos que pueden llegar a tener en su funcionamiento.
4. **Otros:** El AMEF puede aplicarse a cualquier proceso en general en el que se pretendan identificar, clasificar y prevenir fallas mediante el análisis de sus efectos, y cuyas causas deban documentarse.

Este procedimiento de análisis tiene una serie de ventajas potenciales significativas, por ejemplo:

- » Identificar las posibles fallas en un producto, proceso o sistema.
- » Conocer a fondo el producto, el proceso o el sistema.
- » Identificar los efectos que puede generar cada falla posible.
- » Evaluar el nivel de criticidad (gravedad) de los efectos.
- » Identificar las causas posibles de las fallas.
- » Establecer niveles de confiabilidad para la detección de fallas.
- » Evaluar mediante indicadores específicos la relación entre: gravedad, ocurrencia y detectabilidad.
- » Documentar los planes de acción para minimizar los riesgos.
- » Identificar oportunidades de mejora.
- » Generar Know-how.
- » Considerar la información del AMEF como recurso de capacitación en los procesos.

Pueden detectarse situaciones en las cuales el AMEF es una herramienta vital de soporte, por ejemplo:

- » Diseño de nuevos productos y/o servicios.
- » Diseño de procesos.
- » Programas de mantenimiento preventivo.
- » Etapas de documentación de procesos y productos.
- » Etapas de recopilación de información como recurso de formación.
- » Por exigencia de los clientes.

El AMEF es un procedimiento sistemático cuyos pasos se describen a continuación:

1. Desarrollar un mapa del proceso (representación gráfica de las operaciones).
2. Formar un equipo de trabajo (Team Kaizen), documentar el proceso, el producto, etcétera.
3. Determinar los pasos críticos del proceso.
4. Determinar las fallas potenciales de cada paso del proceso, determinar sus efectos y evaluar su nivel de gravedad (severidad).
5. Indicar las causas de cada falla y evaluar la ocurrencia de las fallas.
6. Indicar los controles (medidas de detección) que se tienen para detectar fallas y evaluarlas.

7. Obtener el número de prioridad de riesgo para cada falla y tomar decisiones.
8. Ejecutar acciones preventivas, correctivas o de mejora.

Se ilustrará a continuación la aplicación del AMEF a un proceso consistente en tres etapas: Cortar → Coser → Empacar

1. Desarrollar un mapa del proceso. En este paso se busca representar gráficamente los pasos del proceso. Para ello se puede utilizar un diagrama de bloques, un diagrama de flujo simple o un cursograma sinóptico del proceso (diagrama del proceso de la operación).

FIGURA 47. Ejemplo de diagrama



2. Se recomienda conformar el equipo de trabajo siguiendo la estructura de proyectos Kaizen (改善, 'cambio a mejor' o 'mejora' en japonés).
3. Determinar los pasos críticos del proceso.
4. Para cada uno de los pasos del proceso deben identificarse las fallas potenciales. Debe revisarse la información histórica y registrar las fallas que hayan ocurrido con anterioridad; deben identificarse con ayuda de los especialistas todas las fallas que pudieran ocurrir en cada paso del proceso. Esta identificación debe realizarse con espíritu crítico y analítico. A continuación, deben listarse todos los efectos relacionados con las fallas identificadas. Un modo de falla es la forma en que un producto o proceso puede afectar el cumplimiento de las especificaciones, afectando al cliente, al colaborador o al proceso siguiente. Existen múltiples tipos de fallas y estas se presentan tanto en el análisis del diseño como en el análisis del proceso. Un efecto puede considerarse como el impacto en el cliente o en el proceso siguiente, cuando el modo de falla se materializa.

Para ilustrar este punto observe la figura 48, donde se muestran los efectos relacionados con las fallas del proceso cortar.

**FIGURA 48.** Efectos relacionados con las fallas del proceso cortar

No.	Función del proceso	Falla potencial	Efecto potencial de la falla
1	CORTAR	Cortar un área menor a la especificada.	No se puede armar el bolsillo con las dimensiones correctas. Parte descartada.
2	CORTAR	Cortar un área mayor a la especificada.	Reproceso de corte hasta lograr las dimensiones correctas.
3	CORTAR	Romper el centro de la tela con las tijeras.	No se puede ensamblar un bolsillo con rotos en el centro. Parte descartada
4	CORTAR	Manchar la tela con suciedad de las tijeras.	Alteración del color de la tela. Producto terminado no conforme.
5	CORTAR	Cortar el cuerpo del operario.	Accidente, incapacidad del operario, proceso interrumpido, alteración del color de la tela
6	CORTAR	Cortar o entregar piezas incompletas.	No se puede coser un bolsillo con piezas incompletas. Proceso siguiente afectado. Reproceso.

**NOTA:** Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF). (2019).

<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/>

Para proceder a calificar el efecto de la falla potencial, es necesario definir una escala como guía, como la que se muestra en la columna de la izquierda en la figura 49.

**FIGURA 49.** Escala de evaluación del efecto en el proceso

Calificación		Criterio	
Cuantitativa	Cualitativa	Efecto en el cliente	Efecto en el proceso
1	Ninguno	Sin efecto perceptible.	Ligero inconveniente para la operación u operador.
2	Muy menor	No se cumple con el ajuste, acabados o presenta ruidos. Defecto notado por los clientes críticos (25%).	Una parte del producto puede tener que ser reprocesado. Sin desechos.
3	Menor	No se cumple con el ajuste, acabados o presenta ruidos. Defecto notado por el 50% de los clientes.	Una parte del producto puede tener que ser reprocesado. Sin desechos.
4	Muy bajo	No se cumple con el ajuste, acabados o presenta ruidos. Defecto notado por el 75% de los clientes.	El producto debe ser seleccionado y una parte reprocesada. Sin desechos.
5	Bajo	Producto con especificaciones de calidad o niveles de desempeño bajos. Operable o usable.	El 100% del producto debe ser reprocesado o reparado fuera de línea.
6	Moderado	Producto operable o usable, pero el cliente estará insatisfecho.	Una parte del producto puede tener que ser desechado sin selección o reparado con un tiempo y costo alto.
7	Alto	Producto operable o usable, pero el cliente estará muy insatisfecho.	El producto tiene que ser seleccionado y una parte reparada con un tiempo y costo alto.
8	Muy alto	El producto es inoperable o inusable.	El 100% del producto debe ser desechado o puede ser reparado a un costo inviable
9-10	Peligroso	En modo potencial afecta la operación segura del producto y/o involucra un no cumplimiento con alguna regulación gubernamental.	Puede exponer al peligro al operador o al equipo.

**NOTA:** Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF). (2019).  
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/>

Una vez que se listan todas las fallas y los efectos, se procede a calificar la severidad (gravedad) de los efectos potenciales, como se muestra en la figura 50. Es necesario considerar que en caso de que una falla tenga efectos (cliente/proceso) con calificaciones diferentes, debe asignarse el mayor valor de severidad de los efectos.

**FIGURA 50.** Severidad de las fallas del proceso cortar-coser-empacar

No.	Función del proceso	Falla potencial	Efecto potencial de la falla	Severidad
1	CORTAR	Cortar un área menor a la especificada.	No se puede armar el bolsillo con las dimensiones correctas. Parte descartada.	6
2	CORTAR	Cortar un área mayor a la especificada.	Reproceso de corte hasta lograr las dimensiones correctas.	3
3	CORTAR	Romper el centro de la tela con las tijeras.	No se puede ensamblar un bolsillo con rotos en el centro. Parte descartada	8
4	CORTAR	Manchar la tela con suciedad de las tijeras.	Alteración del color de la tela. Producto terminado no conforme.	5
5	CORTAR	Cortar el cuerpo del operario.	Accidente, incapacidad del operario, proceso interrumpido, alteración del color de la tela	10
6	CORTAR	Cortar o entregar piezas incompletas.	No se puede coser un bolsillo con piezas incompletas. Proceso siguiente afectado. Reproceso.	3

**NOTA:** Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF). (2019).

<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/>

- Indicar las causas de cada falla y evaluar la ocurrencia de las fallas. En este paso se deben relacionar las causas asociadas a cada falla identificada. Además, se debe evaluar la ocurrencia de las fallas. Para evaluar la ocurrencia en un AMEF orientado al proceso, se recomienda utilizar un criterio, ya sea basado en probabilidad de fallas, en índices posibles de fallas basados en tantos por piezas, o en el índice de capacidad real  $C_{pk}$ , para lo cual se requiere una escala, como la que se muestra en la figura 51. La escala de ocurrencias de fallas se muestra, como ejemplo, en la figura 52.

FIGURA 51. Escala del Cpk a usar

Calificación		Criterio	
Cuantitativa	Posibilidad	Índice de fallas (tanto por piezas)	Cpk
1	Remota: falla improbable.	< 0,01 por 1 000 piezas	> 1,67
2	Baja: pocas fallas.	0,1 por 1 000 piezas	> 1,30
3		0,5 por 1 000 piezas	> 1,20
4	Moderada: fallas ocasionales.	1 por 1 000 piezas	> 1,10
5		2 por 1 000 piezas	> 1,00
6		5 por 1 000 piezas	> 0,94
7	Alta: fallas frecuentes.	10 por 1 000 piezas	> 0,86
8		20 por 1 000 piezas	> 0,78
9	Muy alta: fallas persistentes.	50 por 1 000 piezas	> 0,55
10		> 100 por 1 000 piezas	> 0,55

**NOTA:** Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF). (2019). <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing-analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/>

FIGURA 52. Escala de ocurrencias de fallas en el proceso cortar

No.	Función del proceso	Falla potencial	Efecto potencial de la falla	Severidad	Causas potenciales de las fallas	Ocurrencia
1	CORTAR	Cortar un área menor a la especificada.	No se puede armar el bolsillo con las dimensiones correctas. Parte descartada.	6	Falta de pericia del operador; moldes imperfectos; instrumento de corte defectuoso.	4
2	CORTAR	Cortar un área mayor a la especificada.	Reproceso de corte hasta lograr las dimensiones correctas.	3	Falta de pericia del operador; moldes imperfectos; instrumento de corte defectuoso.	5
3	CORTAR	Romper el centro de la tela con las tijeras.	No se puede ensamblar un bolsillo con rotos en el centro. Parte descartada.	8	Falta de pericia del operador; instrumento de corte defectuoso; condiciones de luz deficientes.	3
4	CORTAR	Manchar la tela con suciedad de las tijeras.	Alteración del color de la tela. Producto terminado no conforme.	5	Falta de limpieza, orden y estandarización.	6
5	CORTAR	Cortar el cuerpo del operario.	Accidente, incapacidad del operario, proceso interrumpido, alteración del color de la tela	10	Falta de pericia del operador; uso inadecuado o falta de elementos de protección personal.	2
6	CORTAR	Cortar o entregar piezas incompletas.	No se puede coser un bolsillo con piezas incompletas. Proceso siguiente afectado. Reproceso.	3	Falta de pericia del operador; carencia de herramientas de control de unidades en proceso.	6

**NOTA:** Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF). (2019). <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing-analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/>

6. Indicar los controles (medidas de detección) que se tienen para detectar fallas y evaluarlas.

En la figura 53 se indican los tipos de inspección que se aplican: A: prueba de error, B: medición automatizada y C: inspección visual/manual.

**FIGURA 53.** Medidas de detección de fallas

Calificación		Tipos de inspección		
Cuantitativa	Criterio	A	B	C
1	Controles seguros para detectar: El ítem ha pasado a prueba de errores. Es casi improbable el hecho de realizar partes no conformes.	×		
2	Controles casi seguros para detectar: El ítem ha pasado por medición automática. No se puede pasar la parte no conforme.	×	×	
3	Controles con buena oportunidad de detectar: Detección inmediata del error en la estación o en la estación siguiente. No pasa la unidad no conforme.	×	×	
4	Controles con buena oportunidad de detectar: Detección del error en la estación siguiente. No pasa la unidad no conforme.	×	×	
5	Controles que pueden detectar: Mediciones "pasa" o "no pasa" realizado en el 100% de las partes después de dejar la estación.		×	
6	Controles que pueden detectar: Control en menos del 100% de las partes; puede estar apoyado en métodos estadísticos.		×	×
7	Controles con poca oportunidad de detectar: Control logrado con doble inspección visual.			×
8	Controles con poca oportunidad de detectar: Control efectuado con doble inspección visual.			×
9	Controles con poca oportunidad de detectar: Control logrado con doble inspección visual.			×
10	Certeza absoluta de no detección: No se controla, no se detecta.			

Nota: Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF). (2019). <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/>

Además, se debe evaluar, en una escala del 1 al 10, la capacidad de detección de cada falla; entre mayor sea la posibilidad de detectar la falla, menor será la calificación. Como ejemplo, puede utilizarse como guía la escala que se muestra en la figura 54.

FIGURA 54. Escala para la detección de fallas

No.	Función del proceso	Falla potencial	Efecto potencial de la falla	Severidad	Causas potenciales de las fallas	Ocurrencia	Control actual del proceso	Detección
1	CORTAR	Cortar un área menor a la especificada.	No se puede armar el bolsillo con las dimensiones correctas. Parte descartada.	6	Falta de pericia del operador; moldes imperfectos; instrumento de corte defectuoso.	4	Inspección simultánea con la operación.	3
2	CORTAR	Cortar un área mayor a la especificada.	Reproceso de corte hasta lograr las dimensiones correctas.	3	Falta de pericia del operador; moldes imperfectos; instrumento de corte defectuoso.	5	Inspección simultánea con la operación.	3
3	CORTAR	Romper el centro de la tela con las tijeras.	No se puede ensamblar un bolsillo con rotos en el centro. Parte descartada.	8	Falta de pericia del operador; instrumento de corte defectuoso; condiciones de luz deficientes.	3	Inspección simultánea con la operación / Inspección final.	3
4	CORTAR	Manchar la tela con suciedad de las tijeras.	Alteración del color de la tela. Producto terminado no conforme.	5	Falta de limpieza, orden y estandarización.	6	Inspección simultánea con la operación / Inspección final.	5
5	CORTAR	Cortar el cuerpo del operario.	Accidente, incapacidad del operario, proceso interrumpido, alteración del color de la tela.	10	Falta de pericia del operador; uso inadecuado o falta de elementos de protección personal.	2	Operario.	1
6	CORTAR	Cortar o entregar piezas incompletas.	No se puede coser un bolsillo con piezas incompletas. Proceso siguiente afectado. Reproceso.	3	Falta de pericia del operador; carencia de herramientas de control de unidades en proceso.	6	Inspección final de corte / Conteo inicial en costura.	4

**NOTA:** Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF). (2019). <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/>

- Obtener el número de prioridad de riesgo (RPN) para cada falla y tomar decisiones.

El número de prioridad de riesgo, también conocido como RPN, por sus siglas en inglés (Risk Priority Number) es el resultado de multiplicar la severidad, la ocurrencia y la detección o detectabilidad. El RPN es un número entre 1 y 1000 que indica la prioridad que se le debe dar a cada falla para eliminarla.

Cuando el RPN es superior a 100 es un claro indicador de que deben implantarse acciones de prevención o corrección para evitar la ocurrencia de las fallas, de forma prioritaria. Sin embargo, el objetivo general es el de tratar todas las fallas; muchos expertos coinciden en que un RPN superior a 30 requiere de un despliegue enfocado en el tratamiento del modo de falla.

En la figura 55 se muestra el RPN de cada falla para el ejemplo tratado.

**FIGURA 55.** Estimación del RPN para cada falla

No.	Función del proceso	Falla potencial	Efecto potencial de la falla	Severidad	Causas potenciales de las fallas	Ocurrencia	Control actual del proceso	Detección	RPN
1	CORTAR	Cortar un área menor a la especificada.	No se puede armar el bolsillo con las dimensiones correctas. Parte descartada.	6	Falta de pericia del operador; moldes imperfectos; instrumento de corte defectuoso.	4	Inspección simultánea con la operación.	3	72
2	CORTAR	Cortar un área mayor a la especificada.	Reproceso de corte hasta lograr las dimensiones correctas.	3	Falta de pericia del operador; moldes imperfectos; instrumento de corte defectuoso.	5	Inspección simultánea con la operación.	3	45
3	CORTAR	Romper el centro de la tela con las tijeras.	No se puede ensamblar un bolsillo con rotos en el centro. Parte descartada.	8	Falta de pericia del operador; instrumento de corte defectuoso; condiciones de luz deficientes.	3	Inspección simultánea con la operación / Inspección final.	3	72
4	CORTAR	Manchar la tela con suciedad de las tijeras.	Alteración del color de la tela. Producto terminado no conforme.	5	Falta de limpieza, orden y estandarización.	6	Inspección simultánea con la operación / Inspección final.	5	150
5	CORTAR	Cortar el cuerpo del operario.	Accidente, incapacidad del operario, proceso interrumpido, alteración del color de la tela.	10	Falta de pericia del operador; uso inadecuado o falta de elementos de protección personal.	2	Operario.	1	20
6	CORTAR	Cortar o entregar piezas incompletas.	No se puede coser un bolsillo con piezas incompletas. Proceso siguiente afectado. Reproceso.	3	Falta de pericia del operador; carencia de herramientas de control de unidades en proceso.	6	Inspección final de corte / Conteo inicial en costura.	4	72

**NOTA:** Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF). (2019).

<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/>

#### 8. Ejecutar acciones preventivas, correctivas o de mejora.

Una vez que se ha establecido la prioridad de los modos de falla, se procede a ejecutar acciones preventivas, correctivas o de mejora. Ya en esta etapa se cuenta con una información relevante relacionada con el proceso, las fallas, las causas y los controles de detección. El equipo AMEF deberá entonces establecer:

Acciones recomendadas por falla.  
 Asignar los responsables por acción, relacionando la fecha de ejecución.  
 Establecer una fecha de revisión.  
 Registrar las acciones ejecutadas hasta la fecha de revisión.  
 Calcular nuevamente el RPN.

En la figura 56 se ilustran las acciones que se recomiendan y los responsables de aplicarlas.

**FIGURA 56.** Acciones recomendadas y responsables

No.	Función del proceso	Falla potencial	Efecto potencial de la falla	Severidad	Causas potenciales de las fallas	Ocurrencia	Control actual del proceso	Detección	RPN	Acciones recomendadas	Responsables
1	CORTAR	Cortar un área menor a la especificada.	No se puede armar el bolsillo con las dimensiones correctas. Parte descartada.	6	Falta de pericia del operador; moldes imperfectos; instrumento de corte defectuoso.	4	Inspección simultánea con la operación.	3	72	Establecer un protocolo de revisión de moldes; Capacitar al operario.	ADSL (12/08/2016)
2	CORTAR	Cortar un área mayor a la especificada.	Reproceso de corte hasta lograr las dimensiones correctas.	3	Falta de pericia del operador; moldes imperfectos; instrumento de corte defectuoso.	5	Inspección simultánea con la operación.	3	45	Establecer un protocolo de revisión de moldes; Capacitar al operario.	ADSL (12/08/2016)
3	CORTAR	Romper el centro de la tela con las tijeras.	No se puede ensamblar un bolsillo con rotos en el centro. Parte descartada.	8	Falta de pericia del operador; instrumento de corte defectuoso; condiciones de luz deficientes.	3	Inspección simultánea con la operación / Inspección final.	3	72	Establecer un procedimiento de revisión y ajuste del instrumento de corte.	DNLI (12/08/2016)
4	CORTAR	Manchar la tela con suciedad de las tijeras.	Alteración del color de la tela. Producto terminado no conforme.	5	Falta de limpieza, orden y estandarización.	6	Inspección simultánea con la operación / Inspección final.	5	150	Implementación de un programa 5s en el área de corte.	ADSL; DNLI; AASV (01/10/2016)
5	CORTAR	Cortar el cuerpo del operario.	Accidente, incapacidad del operario, proceso interrumpido, alteración del color de la tela.	10	Falta de pericia del operador; uso inadecuado o falta de elementos de protección personal.	2	Operario.	1	20	Procedimiento de chequeo para el uso de elementos de protección.	DNLI (12/08/2016)
6	CORTAR	Cortar o entregar piezas incompletas.	No se puede coser un bolsillo con piezas incompletas. Proceso siguiente afectado. Reproceso.	3	Falta de pericia del operador; carencia de herramientas de control de unidades en proceso.	6	Inspección final de corte / Conteo inicial en costura.	4	72	implementar el uso de pegatinas para ordenar piezas por pares.	AASV (12/08/2016)

**NOTA:** Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF). (2019).  
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/>

En este caso se han sugerido acciones correctivas orientadas a las fallas y a las causas. Sin embargo, pueden establecerse acciones correctivas, preventivas y de mejora, enfocadas tanto a las fallas, a las causas, como a los controles de detección. Una vez que se efectúa la revisión en la fecha establecida, se vuelve a calcular el RPN para medir el impacto de las acciones tomadas, como se muestra en la figura 57.

Acciones tomadas hasta la fecha	Severidad	Ocurrencia	Detección	RPN
Se cambiaron todos los moldes de corte y se estableció un procedimiento de revisión bimestral.	6	3	3	54
Se cambiaron todos los moldes de corte y se estableció un procedimiento de revisión bimestral.	3	4	3	36
Se incluyeron los instrumentos de corte dentro del programa de MTTO. Preventivo	8	2	2	32
Avance en las etapas de clasificación, orden y limpieza.	5	3	4	60
Cambio de guantes protectores (Por petición de los operarios).	10	2	1	20
Método de pegatinas implementado.	3	4	1	36

**FIGURA 57.** Recalculo de RPN

**NOTA:** Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF). (2019).

<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/>

Tal como se mencionó anteriormente, el AMEF constituye un documento dinámico, que admite múltiples revisiones, observaciones y calificaciones de conformidad con el devenir de los procesos. Así mismo, se convierte en una fuente invaluable de información relacionada con los equipos, que puede utilizarse tanto para el despliegue de acciones de prevención, corrección y mejora, como para la capacitación y formación del personal en temas relacionados con los equipos y los procesos.

## 25. Manufactura Esbelta y Seis Sigma

### 25.1. ¿Qué significa agregarle valor a un producto?

Se define «agregar valor» a un producto y/o servicio a aquella operación que al realizarse le hace un cambio físico a un producto y/o servicio, que lo hace mejor a ojos del cliente.

Algunas actividades que le agregan valor a un producto son, por ejemplo, las operaciones de maquinado como barrenado, fresado, ranurado, rolado, embutido, etcétera; cualquier tratamiento de galvanoplastia como cromado, cadmiñado, zincado, tropicalizado; un tratamiento térmico para endurecer alguna pieza, un punteado, fosfatizado, pintado, etcétera; todos ellos son ejemplos de operaciones que le agregan valor a un producto.

En los procesos de manufactura, se presentan constantemente operaciones que no necesariamente le agregan valor a un producto; por ejemplo, el transvase en una etapa intermedia de un proceso de manufactura, que es cambiar un grupo de piezas de un contenedor a otro, no le agrega valor al producto. El almacenaje de piezas semimanufacturadas, tampoco le agrega valor al producto. La habilitación, instrumentación o alistamiento de una máquina para empezar a producir, tampoco le agrega valor al producto.

Para explicar lo anterior; considere que en un proceso de moldeo por inyección, se requiere cambiar un molde de 300 kg. de peso; suponga que el molde se encuentra en un taller de herramientas situado a 50 m de la máquina inyectora; se requiere bajar de la inyectora el molde que se encuentra puesto, llevarlo al taller de herramientas, recoger el molde que se va a necesitar, montarlo en la máquina inyectora, ajustarlo, hacer corridas de prueba y empezar a producir; ¿cuánto tiempo considera para ello? Simplemente, si el molde se sujeta con tornillos imagine el tiempo para desmontar uno y subir el otro; luego hay que considerar el tiempo para llevar y traer un molde de trescientos kilogramos, recorriendo 50 m de ida y de regreso. Desde luego, se requiere vislumbrar que el manejo (transporte) del molde de un lugar a otro es un tiempo que se desperdicia y que es valioso.

Así mismo, suponga que en vez de llevar y traer un molde del lugar donde se requiere al taller de herramientas, este se coloca junto a la máquina inyectora. Suponga que, además, se tiene un brazo mecánico (robot) que levanta, coloca y ajusta el molde en la máquina inyectora a presión a través de cuñas sin necesidad de atornillar el molde; ¿se imagina el tiempo de ajuste teniendo dicho brazo mecánico?, de allí la aseveración de que el alistamiento, habilitación o instrumentación de la máquina inyectora no le agrega valor al producto, la etapa de habilitación es necesaria, pero no le agrega valor al producto, por eso la necesidad de buscar reducir estos tiempos.

La inspección de un producto, tampoco le agrega valor; si el producto cumple las especificaciones, con la inspección sigue igual; si no cumple las especificaciones, con la inspección sigue igual, lo que implica que la inspección tampoco le agrega valor a un producto; se concluye que la inspección también es necesario hacerla para garantizar que el producto cumple especificaciones, pero no le agrega valor a un producto.

Suponga que, para sujetar una pieza con otra, en una línea de producción, se usan 18 tornillos diferentes cuya función es la misma. Si la función es la misma, para qué complicar el proceso de manufactura con 18 variedades de tornillos diferentes, se podría homologar el tornillo y usar de un solo tipo, lo cual haría más ágil la recepción, uso y verificación de esos tornillos.

## 25.2. Manufactura Flexible, Esbelta o Ajustada

La estrategia de Manufactura Esbelta está conformada por una colección de diversas herramientas que le ayudarán a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere. Reducir desperdicios y mejorar las operaciones, basándose siempre en el respeto al trabajador.

El sistema de Manufactura Flexible o Manufactura Esbelta ha sido definido como un esquema de mejora continua en manufactura, basado en:

- a) La eliminación planeada de todo tipo de desperdicio;
- b) El respeto por el trabajador (改善, Kaizen, 'cambio a mejor' o 'mejora' en japonés); y,
- c) La mejora consistente en productividad y calidad.

El principal objetivo de la manufactura esbelta es implantar un enfoque de mejora continua que le permita a las compañías reducir sus costos, mejorar los procesos y eliminar los desperdicios para aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad.

Específicamente, la manufactura esbelta se enfoca en:

- a) Reducir los desperdicios y retrabajos;
- b) Reducir el inventario y el espacio en el piso de producción;
- c) Crear sistemas de producción más robustos;
- d) Crear sistemas de entrega de materiales más ágiles;
- e) Mejorar las distribuciones de planta para aumentar la flexibilidad;
- f) Automatizar algunos procesos para hacerlos más rápidos;
- g) Reducir los tiempos de espera;
- h) Eliminar la sobreproducción;
- i) Mejorar el transporte indispensable y manejar (manipular) menos el producto.

La parte fundamental en el proceso de desarrollo de una estrategia esbelta es la relativa a mejorar las relaciones humanas, ya que muchas veces implica cambios radicales en la manera de trabajar, algo que por naturaleza causa desconfianza y temor.

### 25.3. Enfoque Seis Sigma

El paradigma de la calidad en las organizaciones ha surgido utilizando diferentes enfoques de calidad. Desde el enfoque de los expertos en calidad, como Deming, Juran, Ishikawa, etcétera, pasando por el enfoque de los premios nacionales de calidad, hasta el enfoque normativo de las ISO serie 9000. Algunos enfoques de calidad han sintetizado estas tres corrientes y han creado su propio sistema, que en ocasiones les ha rendido muy buenos frutos.

Seis Sigma es uno de estos afortunados enfoques de calidad, creado inicialmente por Motorola en 1979, retomado posteriormente por otras empresas para desarrollar su propio sistema de calidad, el cual se basa en una metodología conocida como DMAIC (Definir → Medir → Analizar → Implementar → Controlar), estableciendo como meta obtener 3.4 defectos por millón de oportunidades en cualquier proceso. Seis Sigma utiliza las herramientas de gestión de calidad y la estadística para reducir la variación en los procesos y productos,

buscando aumentar la satisfacción de las necesidades de los clientes y disminuyendo los costos de operación.

El método DMAIC se utiliza cuando en la empresa un proceso o producto existente no funciona o no cumple con las especificaciones del cliente, por lo que se busca la mejora. Existe otro método conocido como DMADV (Definir → Medir → Analizar → Diseñar → Verificar) que se aplica cuando se busca desarrollar un producto o proceso o cuando después de aplicar el método DMAIC, aún no se cumple con las especificaciones del cliente o con la meta Seis Sigma.

El término de Seis Sigma se eligió por su significado estadístico, ya que en una distribución normal prácticamente todos los eventos suceden en un intervalo de la media menos seis sigma a la media más seis sigma; concretamente, de un millón de eventos tan solo 3.4 estarían fuera de este intervalo.

Los objetivos del enfoque Seis Sigma se pueden resumir en los siguientes puntos:

- » Mejorar la satisfacción del cliente.
- » Dirección basada en datos y hechos.
- » Mejorar la rentabilidad de la empresa.
- » Reducir los tiempos de ciclo.
- » Mejorar el desempeño de los procesos.
- » Ahorrar costos.
- » Capturar nuevos mercados.
- » Construir una reputación de excelencia.
- » Productos y procesos sin defectos.
- » Orientación a la mejora continua.
- » Generar oportunidades.
- » Mejorar las áreas de operación.
- » Beneficiar a empleados y accionistas.
- » Generar soluciones innovadoras.
- » Dirección proactiva anticipándose a los problemas.

En el momento en que una empresa decide poner en marcha el enfoque Seis Sigma, debe reestructurar o mejorar la organización, porque se requiere integrar líderes de negocios, de proyectos, expertos, facilitadores y empleados participantes, quienes se encargarán de la planeación y dirección de la metodología dentro de la empresa, así como de la búsqueda de oportunidades de mejora y coordinación de proyectos de solución para disminuir los remanentes, de tal forma que logre los objetivos del método.

Antes de comenzar el Seis Sigma, quien desee implantarlo debe tomar en cuenta que requiere de un equipo especializado que lo ayude a desarrollar e instrumentar estrategias para el correcto despliegue del método. La estructura organizacional típica del Seis Sigma está conformada por los patrocinadores (Project Champion), el maestro de cinturón negro (Master Black Belt), el cinturón negro (Black Belt), el cinturón verde (Green Belt) y el cinturón amarillo (Yellow Belt), a veces también llamado Project Team. En el cuadro de la figura 58 se muestran las características y funciones a realizar por cada uno de estos actores.

Por último, se debe considerar que Seis Sigma no es sólo una técnica de calidad empleada para diseñar procesos, mejorarlos, eliminar errores, y aumentar la satisfacción del cliente, sino que también es una herramienta que fortalece el talento del recurso más importante de la compañía: el humano, y mejora su impacto en la productividad. Esto es lo que provoca un cambio radical en las empresas al implantar Seis Sigma y la razón por la que tiene incidencia en los ámbitos gerencial y operacional.

El enfoque seis sigma combinado con el enfoque de manufactura esbelta ha dado resultados muy sólidos en las organizaciones que los han aplicado, de allí la importancia de retomarlos en forma conjunta. Algunas de las herramientas y principios básicos que se usan con éxito, tanto en la manufactura esbelta como en el seis sigma se analizan a continuación.

**FIGURA 58.** Estructura organizacional típica del enfoque Seis Sigma

Puesto	Características necesarias	Función
Patrocinadores	Propio comité directivo	Gestionar proyectos en toda la empresa
	Profesional con experiencia en la mejora de la calidad	Aprovechar los recursos disponibles
	Conocimiento estadístico	Eliminar las posibles barreras
	Entendimiento del método Seis Sigma	Establecer la visión
Maestro cinturón negro	Experto en Seis Sigma	Establecer los problemas y prioridades
	Haber aprobado examen técnico-práctico para cinturón negro	Involucrar a los Patrocinadores en el alcance del proyecto
	Saber aplicar de forma versada y óptima el método	Entrenar a los equipos en cada función clave
	Haber dirigido varios casos de éxito	Administrar miembros, supervisores y recursos
	Haber asesorado aproximadamente 20 proyectos de éxito en Seis Sigma	
	Experto en formación, tutoría y entrenamiento de cinturón negro, cinturón verde, Champions y líderes	
	Líder con dominio de la estadística	
	Saber impulsar las iniciativas que vayan resultando	
Cinturón negro	Saber adaptarse a los requerimientos de la fase que se esté desplegando	
	Conocimiento técnico y estadístico de proyectos	Convertir ideas generales en objetivos y acciones
	Gran capacidad de liderazgo	Resolver los problemas con planes detallados
	Tener capacitación en Seis Sigma	Medir y reportar el progreso
	Haber aprobado examen técnico-práctico para cinturón negro	Interactuar frecuentemente con las partes interesadas
	Tener algunos proyectos de éxito al haber implementado Seis Sigma	
Cinturón verde	Saber comunicar datos y resultados simples y/o complejos a cualquier audiencia	
	Expertos en su área que se basaran en atacar el problema	Liderear proyectos bajo la tutela del cinturón negro
	Haber aprobado examen técnico-práctico para cinturón negro	Generar e identificar oportunidades de mejora en la organización
	Experto en la implantación de Seis Sigma	Reducción significativa de los gastos
	Dedicado tiempo parcial al método	
Cinturón amarillo	Tiene la capacidad de entrenar a un cinturón amarillo	
	Personal de piso con conocimiento de los problemas	Implementar los procesos de mejora
	Cultura básica en calidad	Mejorar el tiempo de respuesta de los procesos
	Conocimiento básico de estadística	Reunir datos

## 25.4. Las cinco S (5S')

**FUENTE:** <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/gestion-y-control-de-calidad/metodologia-de-las-5s/>

Es una herramienta de mejora de la calidad ideada en Japón, que se refiere al mantenimiento integral de la organización, no solo de maquinaria, equipo e infraestructura, sino del mantenimiento del entorno de trabajo por parte de todos los actores de la organización. En inglés se ha dado en llamar «housekeeping». Este concepto se refiere a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, organizadas y seguras, es decir, se trata de imprimirle mayor «calidad de vida» al trabajo.

Las 5'S provienen de términos japoneses que diariamente se ponen en práctica en la vida cotidiana y no son parte exclusiva de una cultura japonesa, una parte considerable de los seres humanos en algún momento han practicado de una u otra forma las 5'S.

Las 5'S son:

1. 整理, Seiri (Clasificar)
2. 整頓, Seiton (Ordenar)
3. 清掃, Seiso (Limpiar)
4. 清潔, Seiketsu (Estandarizar)
5. 躰, Shitsuke (Mantener la disciplina)

**Clasificar (Seiri, 整理)**, consiste en retirar del área o estación de trabajo todos aquellos elementos que no son necesarios para realizar la labor, ya sea en áreas de producción o en áreas administrativas. Una forma efectiva de identificar estos elementos es marcarlos con una etiqueta de color rojo. Enseguida, estos artículos son llevados a un área de almacenamiento transitorio. Más tarde, si se confirmó que eran innecesarios, se dividirán en dos clases, los que son utilizables para otra operación y los inútiles que serán descartados. Este paso ayuda a eliminar la mentalidad de «Por Si Acaso».

Clasificar permite:

- a) liberar espacio útil en planta y oficinas;
- b) reducir los tiempos de acceso al material, documentos, herramientas y otros elementos;

- c) mejorar el control visual de stocks (inventarios) de repuesto y elementos de producción, carpetas con información, planos, etcétera;
- d) eliminar las pérdidas de productos o elementos que se deterioran por permanecer un largo tiempo expuestos en un ambiente no adecuado para ellos; por ejemplo, material de empaque, etiquetas, envases plásticos, cajas de cartón y otros;
- e) facilitar control visual de las materias primas que se van agotando y que se requirieren para un proceso en un turno, etcétera;
- f) preparar las áreas de trabajo para el desarrollo de acciones de mantenimiento autónomo, ya que se pueden apreciar con facilidad los escapes, fugas y contaminaciones existentes en los equipos y que frecuentemente quedan ocultas por los elementos innecesarios que se encuentran cerca de los equipos.

**Ordenar (Seiton, 整頓)**, consiste en organizar los elementos que se han clasificado como necesarios de modo que se puedan encontrar con facilidad, lo cual mejora la visualización de las máquinas e instalaciones industriales. Algunas estrategias para este proceso de «todo en su lugar» son: pintura de pisos delimitando claramente áreas de trabajo y ubicaciones (como por ejemplo las áreas de segregación), tablas con siluetas, así como estantería modular y/o gabinetes para tener en su lugar cosas como un bote de basura, una escoba, trapeador, cubeta, etcétera, es decir, un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar.

Ordenar permite:

- a) disponer de un sitio adecuado para cada elemento utilizado en el trabajo de rutina para facilitar su acceso y retorno a su lugar;
- b) disponer de sitios identificados para ubicar elementos que se emplean con poca frecuencia;
- c) disponer de lugares para ubicar el material o elementos que no se usarán en el futuro;
- d) en el caso de maquinaria, facilitar la identificación visual de los elementos de los equipos, sistemas de seguridad, alarmas, controles, sentidos de giro, etcétera;
- e) lograr que el equipo tenga protecciones visuales para facilitar su inspección autónoma y control de limpieza;
- f) identificar y marcar todos los sistemas auxiliares del proceso como tuberías, aire comprimido, combustibles;

- g) incrementar el conocimiento de los equipos por parte de los operadores de producción;
- h) facilitar el acceso rápido a elementos que se requieren para el trabajo;
- i) mejorar la información en el sitio de trabajo para evitar errores y acciones de riesgo potencial;
- j) el aseo y limpieza se pueden realizar con mayor facilidad y seguridad;
- k) la presentación y estética de la planta se mejora;
- l) se libera espacio;
- m) el ambiente de trabajo es más agradable;
- n) la seguridad se incrementa debido a la demarcación de todos los sitios de la planta y a la utilización de protecciones transparentes especialmente los de alto riesgo.

**FIGURA 59.**

Una muestra de aplicación de las 5S'

**NOTA:** File:5S Cleaning Point. (2016).  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:5S\\_Cleaning\\_Point.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:5S_Cleaning_Point.jpg)



**Limpiar (Seiso, 清掃)**, significa eliminar el polvo y suciedad de todos los elementos de una fábrica. Implica inspeccionar el equipo durante el proceso de limpieza, lo cual permite identificar problemas de escapes, averías, fallos o cualquier tipo de defecto. Incluye, además de la actividad de limpiar las áreas de trabajo y los equipos, el diseño de aplicaciones que permitan evitar o al menos disminuir la suciedad y hacer más seguros los ambientes de trabajo. No se trata únicamente

de eliminar la suciedad. Se debe elevar la acción de limpieza a la búsqueda de las fuentes de contaminación con el objeto de eliminar sus causas primarias.

Limpiar proporciona los siguientes beneficios:

- a) reduce el riesgo potencial de que se produzcan accidentes;
- b) mejora el bienestar físico y mental del trabajador;
- c) se incrementa la vida útil del equipo al evitar su deterioro por contaminación y suciedad;
- d) las averías se pueden identificar más fácilmente cuando el equipo se encuentra en estado óptimo de limpieza;
- e) se reducen los despilfarros de materiales y energía debido a la eliminación de fugas y escapes;
- f) la calidad del producto se mejora y se evitan las pérdidas por suciedad y contaminación del producto y empaque.

**Estandarizar (Seiketsu, 清潔)**, propone mantener el estado de limpieza y organización alcanzado con la aplicación de las primeras 3'S. El estandarizar solo se logra cuando se trabajan continuamente los tres principios anteriores. En esta etapa o fase de aplicación (que debe ser permanente) son los trabajadores quienes adelantan programas y diseñan mecanismos que les permitan beneficiarse a sí mismos. Para generar esta cultura se pueden utilizar diferentes herramientas, una de ellas es la localización de fotografías del sitio de trabajo en condiciones óptimas para que pueda ser visto por todos los empleados y así recordarles que ese es el estado en el que debería permanecer, otra es el desarrollo de normas en las cuales se especifique lo que debe hacer cada empleado con respecto a su área de trabajo.

Los beneficios de estandarizar se pueden resumir en:

- a) se guarda el conocimiento producido durante años de trabajo;
- b) se mejora el bienestar del personal al crear un hábito de conservar impecable el sitio de trabajo en forma permanente;
- c) los operarios aprenden a conocer con detenimiento el equipo;
- d) se evitan errores en la limpieza que puedan conducir a accidentes o riesgos laborales innecesarios;
- e) la dirección se compromete más en el mantenimiento de las áreas de trabajo al intervenir en la aprobación y promoción de los estándares;
- f) se prepara al personal para asumir mayores responsabilidades en la gestión del puesto de trabajo;

- g) los tiempos de intervención se mejoran y se incrementa la productividad de la planta.

**Mantener la disciplina (Shitsuke, 躰)**, significa evitar que se rompan los procedimientos ya establecidos. Solo si se implanta la disciplina y el cumplimiento de las normas y procedimientos ya adoptados se podrá disfrutar de los beneficios que ellos brindan. La disciplina es el canal entre las 5'S y el mejoramiento continuo. Implica control periódico, visitas sorpresa, autocontrol de los empleados, respeto por sí mismo y por los demás y mejor calidad de vida laboral.

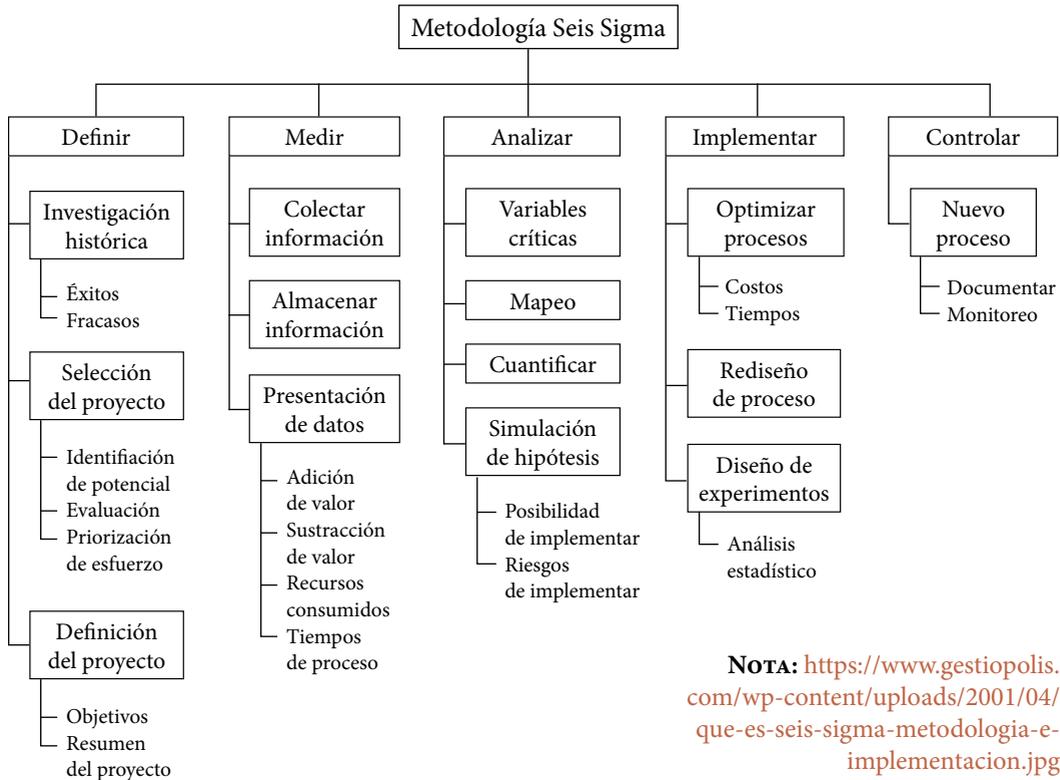
Los beneficios de mantener la disciplina se pueden resumir en:

- a) se crea una cultura de sensibilidad, respeto y cuidado de los recursos de la empresa;
- b) es una forma de cambiar hábitos;
- c) se siguen los estándares establecidos y existe una mayor sensibilización y respeto entre personas;
- d) la moral en el trabajo se incrementa;
- e) el cliente se sentirá más satisfecho, ya que los niveles de calidad serán superiores debido a que se han respetado íntegramente los procedimientos y normas establecidas;
- f) el sitio de trabajo será un lugar donde realmente sea atractivo llegar cada día.

### 25.5. Ciclos DMAIC y DMADV

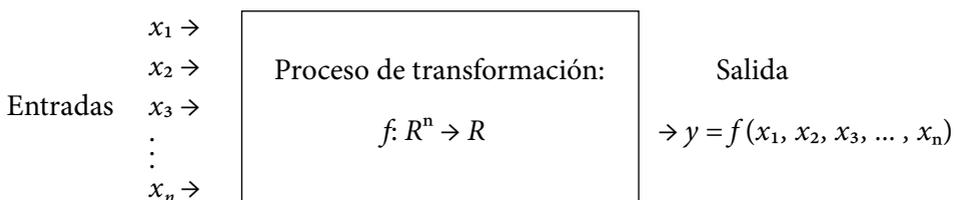
Son cinco las etapas básicas para poder implantar el ciclo conocido como DMAIC (Definir → Medir → Analizar → Implementar → Controlar), las cuales se muestran en la figura 60:

FIGURA 60. Esquema del método DMAIC



1. **Definir.** En esta fase se incluye el planteamiento del problema/oportunidad, el objetivo del proyecto, los beneficios esperados, qué medios están a su alcance y qué elementos están fuera de este, la estructura del equipo y la línea de tiempo del proyecto. El alcance incluirá detalles tales como los recursos, límites, segmentos de clientes y la duración. El siguiente paso es determinar y definir los requerimientos del cliente. Los clientes pueden ser consumidores externos o grupos de interés internos.

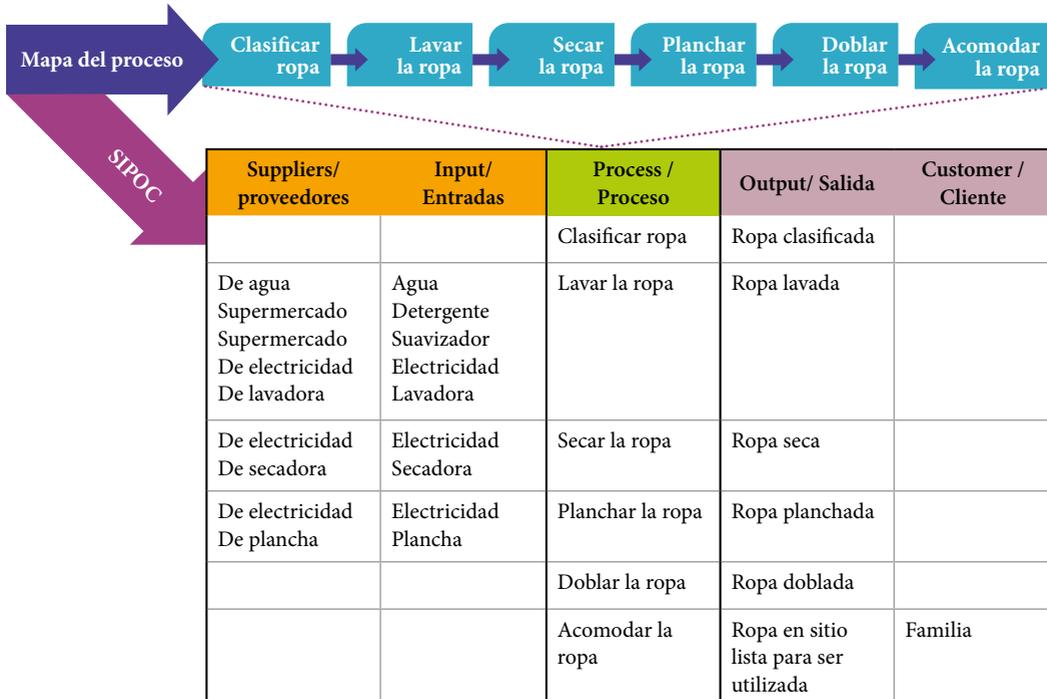
FIGURA 61. Modelo de caja negra de un proceso



Al final de este punto se deberá tener una clara definición operacional de la métrica del proyecto, así como el objetivo de mejorar las métricas. Los indicadores pueden ser, por ejemplo, rendimiento del capital invertido, ganancias, satisfacción del cliente e intereses. El último punto en esta etapa consiste en definir los límites del proceso y las entradas y salidas de alto nivel, usando la tabla SIPOC como un marco de referencia y definir el plan de recolección de datos.

SIPOC (también conocida como COPIS) es una herramienta en formato tabular para caracterizar un proceso (o grupo de procesos), que toma su nombre del acrónimo de la cadena de caracterización en inglés: Suppliers (Proveedores) → Inputs (Entradas) → Process (Proceso) → Output (Salida) → Customers (Clientes). En la figura 62 se muestra un ejemplo de tabla SIPOC.

FIGURA 62. Tabla SIPOC



**NOTA:** Diagrama SIPOC (2017).

<http://manuelgcota.blogspot.com/2017/03/diagrama-sipoc.html>

La herramienta también se conoce como COPIS para hacer énfasis en el enfoque centrado en el cliente. En este caso la información del proceso se define empezando desde el cliente, trabajando ascendentemente hasta llegar a los proveedores.

2. **Medir.** El primer paso consiste en asegurarse de que se tienen bien definidas las medidas de las salidas ( $Y$ ) mediante una validación o un análisis del sistema de medida. Después, se debe verificar si la métrica es estable a través del tiempo y después determinar cuál es la capacidad del proceso usando el método discutido anteriormente. Si la métrica varía violentamente con el tiempo, se deben abordar las causas especiales que crean esa inestabilidad antes de intentar mejorar el proceso. Muchas veces la estabilización de dichas causas proporciona toda la mejora deseada. Finalmente, en esta etapa se definen todos los posibles factores que afectan el rendimiento usando los métodos cualitativos de Pareto, diagramas de causa y efecto y matrices de efecto, modos de falla y efecto, mapeo detallado de proceso para reducir la influencia de factores potenciales (significativos), a esto se le llama  $x$ .
3. **Analizar.** En esta fase se debe usar análisis gráfico para buscar las relaciones que existen entre los factores de entrada ( $x$ ) y el de salida ( $y$ ). Después, se sigue con un conjunto de técnicas de análisis estadístico, incluyendo varias formas para evaluar la hipótesis, los intervalos de confianza o una proyección del diseño de experimentos, para determinar el significado estadístico y práctico de los factores en el proyecto  $y$ . Un factor puede resultar estadísticamente significativo, es decir, con cierta confianza, esto se debe considerar verdadero y no hay más que una pequeña posibilidad de que sea debido a un error. Un factor estadístico significativo no siempre es práctico, puede solo ser un pequeño porcentaje del efecto sobre  $y$ , en este caso controlar este factor no proporcionaría una gran mejora.

La función de transferencia  $y = f(x)$  para toda  $y$  medible usualmente representa la regresión de muchos factores que influyen en la salida del proyecto. Puede haber más de una métrica del proyecto (salida),  $y_s$ .

4. **Implementar.** Lo primero será identificar una solución potencial mediante reuniones con el equipo y lluvia de ideas o usando el TRIZ (es un acrónimo ruso que significa Teoría para Resolver Problemas de Inventiva que será revisado en el subtema 2.25.6). Es importante hacerlo en este punto para completar el análisis del sistema de medición de los factores clave ( $x$ ), realizando un diseño de experimentos de confirmación. Lo siguiente es validar la solución mediante una ejecución piloto o mediante la optimización del diseño de experimentos. Tras la confirmación de la mejora, un plan detallado de proyecto y un análisis costo beneficio debería estar completado. El

último paso es implementar la mejora. Este es el punto en el cual el cambio en las herramientas administrativas puede probar que es beneficioso.

5. **Controlar.** Esta fase consiste en cuatro puntos. El primero consiste en determinar el control estratégico basado en el nuevo mapeo de procesos, modo de fallas y efectos y un detallado plan de control. El plan de control debería tener un balance entre las métricas de salida y las pocas variables de entrada críticas. El segundo paso consiste en la aplicación de los controles identificados en el plan de control. Esto es comúnmente una mezcla de Poka Yoke, cuadro de control, papeles y responsabilidades claras, y las instrucciones del operador que representan las instrucciones de trabajo. El tercero, se determina la capacidad final del proceso con todos los controles y las mejoras en su lugar. El último paso consiste en realizar un seguimiento continuo de los procesos, basándose en la frecuencia definida en el plan de control.

El ciclo de vida de un equipo DMAIC se compone de cinco fases:

1. Identificación y selección del proyecto.
2. Selección y formación del equipo.
3. Desarrollo del marco del proyecto.
4. Capacitación del equipo.
5. Ejecución del proceso DMAIC e implementación de las soluciones.
6. Verificación de los resultados.

El método DMAIC ha permitido a las empresas lograr una mejora duradera y avanzada que rompe con el paradigma de reaccionar a los síntomas en lugar de a las causas. Este método permite a los equipos de diseño tomar decisiones basadas en hechos, utilizando la estadística como una brújula e implementando mejoras duraderas que satisfagan a los clientes.

La metodología DMADV (definir → medir → analizar → diseñar → verificar) es utilizada cuando las empresas requieren diseñar o rediseñar los productos y procesos buscando alcanzar un nivel Seis Sigma. Este enfoque es denominado Diseño para Seis Sigma (DPSS). A continuación, se describen las fases de DMADV.

1. **Definir.** En este punto se desarrollan las mismas actividades descritas para la etapa definir del ciclo DMAIC, en donde se elabora el marco del proyecto, se asignan actividades, responsables y recursos, además se definen las metas, los plazos y las variables (internas y externas) del cliente.

2. **Medir.** En esta etapa el equipo se encarga de planear y conducir las investigaciones necesarias para entender las necesidades del cliente y definir las especificaciones de una manera cuantitativa y cualitativa. En esta etapa se recolectan datos y se identifican las zonas de progreso por lo que la herramienta más utilizada es la Casa de Calidad o QFD.
3. **Analizar.** En esta etapa se debe revisar, evaluar y seleccionar alternativas de diseño de productos o procesos, que permitan satisfacer los requerimientos de los clientes, los cuales se miden a través del CTQ. Además, se debe analizar qué características técnicas deben elegirse para reducir los defectos y la variabilidad que permitan alcanzar un nivel Seis Sigma, esto con base en herramientas analíticas y estadísticas.
4. **Diseñar.** Desarrollar los detalles del diseño. Por tal motivo, se debe evaluar la capacidad del diseño propuesto y elaborar los planes para realizar pruebas piloto o prototipos del nuevo producto, servicio o proceso, buscando el cumplimiento de las especificaciones técnicas, la reducción de errores y los criterios de calidad. En esta fase, se pueden utilizar técnicas como la ingeniería concurrente, el diseño para la excelencia, la función de desarrollo de producto, entre otros. Finalmente, se sugiere la utilización de tecnologías CAD/CAM/CAE, en el caso de los productos, y simulación discreta, para el diseño de procesos.
5. **Verificar.** Construir o desarrollar un producto o proceso piloto para verificar el cumplimiento de los CTQ. A partir de las generalidades, objetivos y metodologías de mejoramiento y diseño del Seis Sigma, se puede identificar que esta herramienta se enfoca en la satisfacción de las necesidades de los clientes y la disminución de costos a través de la reducción de la variabilidad de los procesos y productos, la cual se alcanza cuando la compañía opera con un nivel Seis Sigma, es decir, 3.4 Defectos por Millón de Oportunidades (DPMO).

Las metodologías DMAIC y DMADV explicadas anteriormente tienden a ser similares; sin embargo, en el cuadro de la figura 63 se muestran las diferencias principales:

**FIGURA 63.** Cuadro comparativo entre las metodologías DMAIC y DMADV

	DMAIC		DMADV
Definir	Plantear el problema y los objetivos del proyecto o beneficios esperados.	Definir	Definir los objetivos del proyecto, así como los beneficios que conlleva.
Medir	Medir la capacidad del proceso, así como sus salidas para conocer el rendimiento actual.	Medir	Medir y determinar las necesidades del cliente, así como sus especificaciones.
Analizar	Determinar y examinar la causa principal de los defectos, mediante estudios analíticos y estadísticos detallados.	Analizar	Analizar las opciones de proceso para satisfacer los requerimientos y necesidades del cliente.
Implementar	Implementar el proceso de mejora para eliminar los defectos.	Diseñar	Diseñar de forma detallada el proceso.
Controlar	Controlar el futuro rendimiento de los procesos.	Verificar	Verificar el rendimiento del diseño.

Elegir el método correcto implica saber cuándo utilizar dichas metodologías, por ejemplo, el método DMAIC se utiliza cuando en la empresa un proceso o producto existente no funciona o no cumple con las especificaciones del cliente, por lo que se busca la mejora. El método DMADV se aplica cuando se busca desarrollar un producto o proceso o cuando después de aplicar el método DMAIC, aún no se cumple con las especificaciones del cliente o con el nivel Seis Sigma.

## 25.6. TRIZ

**FIGURA 64.** Genrich Altshuller (1926-1998)

**NOTA:** Genrich Altshuller. (sf). [http://psychology.wikia.com/wiki/Genrich\\_Altshuller](http://psychology.wikia.com/wiki/Genrich_Altshuller)

Genrich Altshuller nacido en Tashkent, en la antigua URSS, en la marina soviética estuvo como jefe de la oficina de patentes, es el autor del método TRIZ y del algoritmo denominado ARIZ. Desde la cárcel, recluido por Stalin por criticar la forma en la que se hacía innovación en la URSS, desarrolló TRIZ a partir de 1946 hasta 1989. La técnica TRIZ, basada en el trabajo de Altshuller, es hoy ampliamente utilizada por los ingenieros en todo el mundo.



TRIZ es un acrónimo ruso que significa Teoría para Resolver Problemas de Inventiva («Теория Решения Изобретательских Задач» o Теория решения изобретательских задач), en inglés se usa el término TIPS (Theory Inventive Problem Solving).

TRIZ nace del análisis de miles de documentos de patentes, de los cuales se extraía la esencia del problema y la estrategia de solución aportada. La presencia de ciertas pautas inventivas repetidas en distintos sectores, el acceso al conocimiento externo al problema y la evolución de las tecnologías sentaron las bases para este método.

Altshuller tamizó 1,500,000 patentes, quedándose con 200,000 de ellas tratando de buscar solo los problemas inventivos y la forma en que fueron resueltos. A la fecha se estiman en varios millones las patentes tamizadas por TRIZ. Altshuller categorizó estas patentes de una manera nueva; en vez de clasificarlas por industria, tal como automotriz, aeroespacial, etcétera, quitó el tema para descubrir el proceso de la solución de problemas. Encontró que los mismos problemas habían sido solucionados a menudo una y otra vez usando uno de solamente cuarenta principios inventivos fundamentales. Si los últimos inventores hubieran tenido conocimiento del trabajo de los primeros, las soluciones se habrían podido descubrir más rápidamente y más eficientemente.

Hay tres hallazgos principales de esta investigación:

- » Los problemas y las soluciones son similares en las diversas industrias y áreas de la ciencia.
- » Los patrones de evolución tecnológica también son parecidos en las industrias y la ciencia.
- » Las innovaciones se basan en el uso de los conocimientos científicos fuera del ámbito en que se han desarrollado.

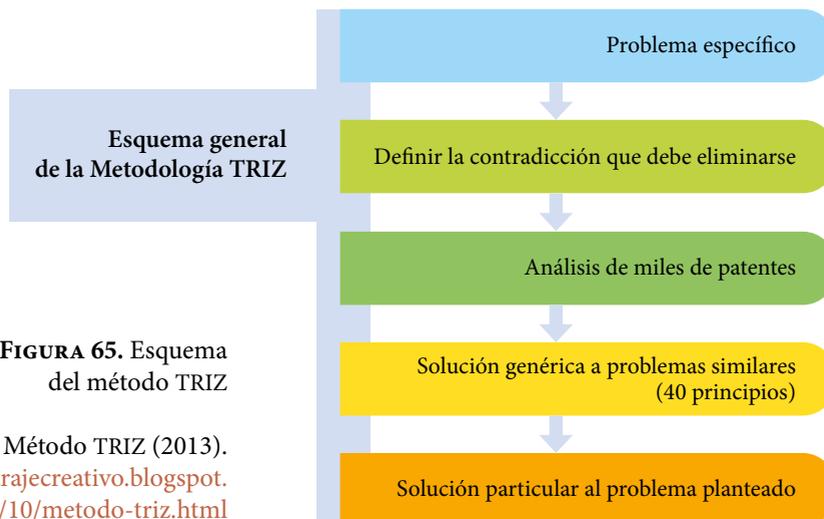
La teoría de TRIZ incluye un método práctico, un conjunto de herramientas, una base de conocimientos y una tecnología basada en modelos abstractos para generar nuevas ideas y soluciones para la resolución de problemas, análisis de sistemas, análisis de fallas y patrones de evolución de sistemas.

TRIZ se enfoca en diferentes aspectos como:

**FUENTE:** <https://es.wikipedia.org/wiki/TRIZ>

- » Resolver conflictos técnicos (cuando la mejora de un parámetro o componente de un sistema, conlleva la penalización de otro), aplicando principios de invención normalizados. TRIZ evita llegar a soluciones intermedias o de optimización del compromiso.
- » Proporcionar múltiples herramientas para la generación de conceptos de solución (fluidez).
- » Proporcionar principios sencillos pero potentes para resolver problemas (idealidad, operador del sistema, recursos del sistema, etcétera).
- » Conducir hacia el conocimiento científico y técnico necesarios para resolver el problema. En muchas situaciones la dificultad del problema estriba en que la solución está fuera del campo de especialidad del técnico, de la empresa, del sector o incluso de la industria en general.
- » Ampliar la visión de la tecnología y su posible evolución, aplicando la funcionalidad y la sistémica y por ello es de ayuda para la previsión tecnológica.
- » Generar resultados tecnológicos patentables, la propia metodología ayuda a conseguir una mejor calidad en la cartera de patentes.

TRIZ reposa sobre un sistema de pensamiento dialéctico, basado en la generación de ideas aleatorias, anima a crear un enfoque algorítmico y acceder al conocimiento para la invención de nuevos sistemas y el refinamiento de los viejos. Dicho algoritmo se puede resumir en el esquema mostrado en la figura 65:

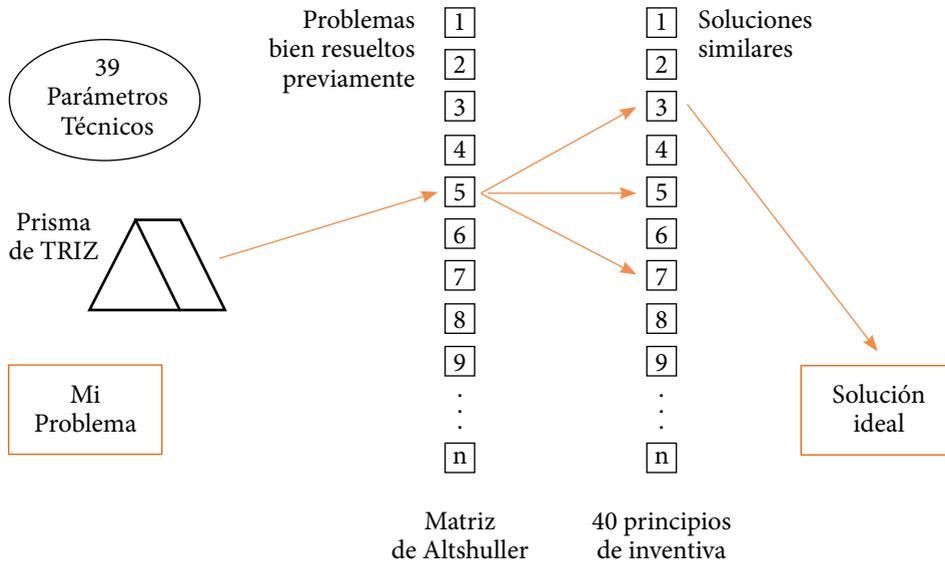


**FIGURA 65.** Esquema del método TRIZ

**NOTA:** Método TRIZ (2013).  
<http://parajecreativo.blogspot.com/2013/10/metodo-triz.html>

La forma en la que opera el método TRIZ se muestra en la figura 66.

**FIGURA 66.** Proceso de solución TRIZ



## 25.7. Poka – Yoke



**FIGURA 67.** Shigeo Shingo (1909-1990)

**NOTA:** Shigeo Shingo y sus aportaciones a la calidad. (2016).

<https://culturizate15.wordpress.com/2016/08/20/cultura-mas/>

Shigeo Shingo nació en la ciudad de Saga, Japón en 1909. Se graduó en Ingeniería Industrial en la Universidad Técnica de Yamanashi en 1930. En el período de 1956 a 1958 trabajó en Mitsubishi Heavy Industries en Nagasaki, donde era el responsable de la ingeniería pesada y naval de la empresa. Junto con Taiichi Ohno, desarrolló un conjunto de innovaciones llamadas «el sistema de producción de Toyota». Este sistema plantea un esquema de «cero inventarios en

proceso». Hay varias ventajas que proporciona el sistema de cero inventarios: los defectos de la producción se reducen al 0% por que al momento en que se presenta uno, la producción se detiene, hasta eliminar sus causas y también se reducen los desperdicios y otros materiales consumibles quedan también en ceros. El espacio de las fabricas también se ve beneficiado, ya que no tiene necesidad de almacenar productos defectuosos ni materiales desviados.

El Poka Yoke (ポカヨケ, a prueba de errores) fue desarrollado por Shigeo Shingo hacia 1960. Su objetivo es reducir o anular los defectos, por ello es importante comprender que:

- » Los defectos son generados por errores.
- » Las inspecciones detectan los defectos.
- » No tiene sentido analizar el producto final cuando el defecto se produce en el trabajo.
- » Es en el proceso donde hay que eliminar el error.
- » Los errores subsanados no se deben volver a repetir.
- » La clave es encontrar los errores antes que estos se conviertan en defectos.
- » La causa de los defectos recae en los errores de los trabajadores y los defectos son el resultado de continuar con dichos errores.

Por tanto, los errores al final del proceso se pueden corregir aplicando métodos que:

- » Busquen la imposibilidad o la dificultad de que el operario pueda equivocarse en proceso.
- » Que equivocándose sea tan evidente el defecto que tengamos tiempo para reaccionar y poder corregirlo.

El Poka Yoke puede diseñarse como:

**Función de control:** Se diseña para impedir que el error se consume. Son los realmente efectivos ya que requiere de intervención inmediata. Paron la máquina o imposibilitan continuar el proceso.

**Función de Aviso:** En este caso el error puede llegar a producirse, pero el dispositivo reacciona cuando va a tener lugar para advertir al operario del riesgo. Principalmente son avisos acústicos o luminosos. Son menos efectivos que los de control.

Existen muchos ejemplos de elementos diseñados con poka-yoke. Un ejemplo cotidiano de poka-yoke es el de las tarjetas telefónicas. En este tipo de tarjetas se ha estandarizado una geometría concreta que es aprovechada por los espacios donde debe ser insertada, de modo que no sea posible colocarla incorrectamente. Otro ejemplo sería la imposibilidad de arrancar un coche, a no ser que el coche este en punto muerto o embragado. Otro ejemplo se percibe en el caso de la entrada de una memoria USB, su diseño está hecho de tal manera que al tratar de conectarla no haya equivocaciones, como se puede apreciar en la figura 68.



**FIGURA 68.** El diseño de la entrada de una USB

**NOTA:** File: Type A USB connector. (2018).  
[El diseño de la entrada de una USB es tal que solo puede conectarse de una sola forma].  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Type\\_A\\_USB\\_connector.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Type_A_USB_connector.jpg)

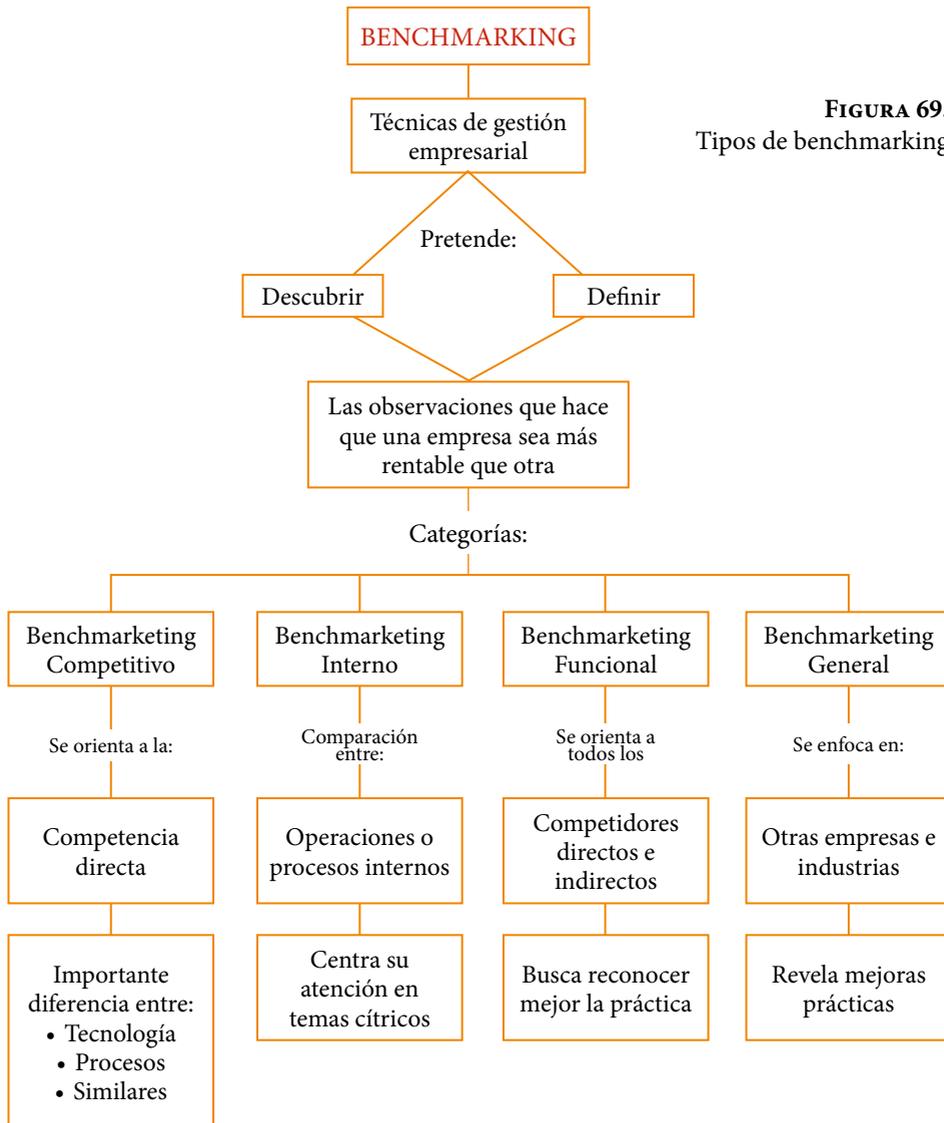
## 25.8. Análisis comparativo o benchmarking

El análisis comparativo o benchmarking es el proceso que consiste en analizar y comparar las prácticas que realizan algunas personas, organizaciones, áreas internas o externas o sectores sobre procesos, productos, herramientas, maquinaria, etcétera, para identificar las mejores prácticas, con el propósito de transferir el conocimiento y su aplicación. No se trata solamente de copiar una buena práctica, sino que debe de efectuarse una adaptación a las circunstancias y características propias.

Los pasos para aplicar el benchmarking se pueden dividir en:

1. Identificar qué se va a someter a benchmarking.
2. Identificar organizaciones comparables.
3. Determinar el método de recopilación de datos.
4. Recolectar y procesar la información.
5. Describir la discrepancia con el desempeño actual.
6. Describir los niveles de desempeño futuro.
7. Integrar y adaptar a la empresa.

8. Comunicar y obtener colaboración.
9. Instalar metas operativas.
10. Actuar e implantar.
11. Medir el desempeño.
12. Actuar para controlar.



**FIGURA 69.**  
Tipos de benchmarking

**NOTA:** BenchMarking. (sf).

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d5/BenchMarking.png>

## Ejercicios

1. Explique con sus propias palabras qué es la investigación.
2. Describa qué cualidades o características debe tener la investigación.
3. Explique los pasos a seguir en el método de investigación de Russell L. Ackoff.
4. Explique los pasos a seguir en el método MSS de Checkland.
5. Explique los pasos a seguir en el método IAP de Ander Egg.
6. Elabore un cuadro comparativo entre los métodos de investigación de Russell L. Ackoff, Checkland y Ezequiel Ander Egg.
7. Describa los pasos a seguir en el proceso de mejora continua descrito en este documento.
8. Elabore un cuadro comparativo del proceso de mejora continua contra los métodos de investigación de Ackoff, Checkland y Ander Egg.
9. ¿Qué herramientas conoce para definir al cliente de una organización?
10. Describa una herramienta para detectar las necesidades y requerimientos de los clientes.
11. Explique las diferencias que existen entre método, proceso y procedimiento.
12. Elabore una hoja de verificación para el proceso de despertarse, levantarse, bañarse y salir hacia la escuela.
13. Elabore una lista de verificación para el proceso de limpieza de un baño público.
14. Elabore una lista de verificación de un proceso de adquisición de alimentos en un centro comercial.
15. Elabore una hoja de verificación y una lista de verificación del proceso de contestar llamadas de un teléfono en una oficina.
16. Elabore una hoja de verificación de balines para balero.
17. Elabore una hoja de verificación de pernos para sujeción de rines de automóviles.
18. Elabore una hoja de verificación y una lista de verificación de sacos de azúcar.
19. Elabore una lluvia de ideas sobre los problemas de contaminación en arroyos, ríos y lagunas de México.
20. Elabore una lluvia de ideas sobre la delincuencia organizada en México.

21. Elabore una lluvia de ideas sobre los problemas que vive la Ciudad de México.
22. Elabore una lluvia de ideas sobre los problemas que existen en la UNAM.
23. Construya un diagrama de Pareto de los problemas que vive la Ciudad de México.
24. Construya un diagrama de Pareto de los problemas que vive la UNAM.
25. Construya un diagrama de Pareto de los problemas que se presentan en una biblioteca pública.
26. Construya un diagrama causa efecto del problema de rezago, abandono y deserción de alumnos en la División de Ciencias Básicas de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.
27. Construya un diagrama causa efecto del problema de baños sucios en la Facultad de Ingeniería de la UNAM.
28. Construya un diagrama causa efecto del problema de envejecimiento y obsolescencia de la planta académica de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.
29. Construya un diagrama de Ishikawa del problema de drogadicción de alumnos durante el desarrollo de su carrera.
30. Construya un diagrama de Ishikawa del problema de alcoholismo de alumnos durante el desarrollo de su carrera.
31. Construya un diagrama de Ishikawa del problema de no aprendizaje de un alumno en una materia obligatoria de su carrera.
32. Establezca desde su punto de vista, cuáles son las principales causas o causas raíz del problema de alumnas embarazadas durante el desarrollo de su carrera.
33. Establezca desde su punto de vista, cuáles son las principales causas o causas raíz del problema de falta de seguridad personal en el campus universitario.
34. ¿Existe diferencia en el nivel de aprendizaje de alumnos del turno vespertino con los alumnos del turno matutino?
35. Elabore un diagrama por qué – por qué del problema de obesidad en México.
36. Elabore un diagrama por qué – por qué de la trata de blancas en la Merced
37. Elabore un diagrama cómo – cómo para centrar la atención de los alumnos en clase.
38. Elabore un diagrama cómo – cómo para reducir la falta de empleo en México.
39. Proporcione tres ejemplos prácticos de diagramas de dispersión.
40. Elabore un diagrama de relaciones de la falta de seguridad personal en el campus de la Universidad.
41. Elabore un diagrama de relaciones del problema de obesidad en México.
42. Elabore un diagrama sistemático para el diseño de planes de estudio en la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

43. Elabore un diagrama sistemático para la elaboración de una tesis.
44. Proporcione tres ejemplos de diagramas de matrices.
45. Elabore un diagrama de flechas del proceso de inscripciones en la Facultad de Ingeniería de la UNAM.
46. Elabore un diagrama de flechas para el proceso de preparación de un examen parcial en la Facultad de Ingeniería de la UNAM.
47. Proporcione tres ejemplos prácticos de aplicación en la Ingeniería del despliegue de la función de calidad.
48. Proporcione tres ejemplos prácticos de aplicación en la Ingeniería del AMEF.
49. Elabore un ensayo sobre el Método Poka-Yoke de Shigeo Shingo con datos históricos, metodología, ejemplos, aplicaciones y bibliografía sobre el tema.
50. La Facultad de Ingeniería desea mejorar su servicio de atención a los alumnos en el área de servicios escolares, por lo que realiza una evaluación sobre la atención a éstos y el desempeño del personal (esas serán sus áreas de interés) de otras facultades y escuelas de la UNAM ubicadas dentro de Ciudad Universitaria. Diseñe un proyecto utilizando la herramienta de Benchmarking para llevar a efecto este análisis.
51. La División de Educación Continua de la Facultad de Ingeniería de la UNAM desea mejorar su servicio, por lo que realiza seminarios de buenas prácticas con las áreas de educación continua de la Facultad de Contaduría y Administración, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, ambas de la UNAM, la Universidad Iberoamericana, el Instituto Tecnológico de Monterrey y el Instituto Politécnico Nacional. Diseñe un proyecto de Benchmarking para llevar a cabo este estudio.
52. Elabore un ensayo sobre el Método de Planeación de Calidad Hoshin Kanri con datos históricos, metodología, ejemplos, aplicaciones y bibliografía sobre el tema.

## Bibliografía

1. Ander-Egg, Ezequiel, *Introducción a las Técnicas de Investigación Social*. Editorial Humanitas, Buenos Aires Argentina, 1976.
2. Claire Selltiz et. al. *Método de Investigación en las Relaciones Sociales*, Editorial Rialp, Madrid España, 1968.
3. Ackoff, Russell Lincoln. *The Design of Social Research*. The University of Chicago Press, 3ª Ed. 1961.
4. Checkland, Peter. *Systems Thinking, Systems Practice*. Editorial Wiley, 1981.
5. Ander-Egg, Ezequiel. *Repensando la Investigación – Acción Participativa*. Ed. Lumen Hvmanitas, 2003.
6. Shewhart, Walter. *Statistical Method from the viewpoint of Quality Control*, Editorial Dover, New York, 1939.
7. McGraw-Hill Biblioteca de Administración de la Pequeña y Mediana Empresa, Tomo 5, 1986.
8. Doyle, Michael; Strauss, David. *How to Make Meetings Work*. Editorial Jove, 1982.
9. Akao, Yoji. *Quality Function Deployment QFD Integrating Customer Requirements into Product Design*, editorial Productivity Press, 1998.
10. Montgomery, Douglas C. *Diseño y Análisis de Experimentos*. Edit. Limusa Wiley, 2007.
11. Taguchi, Genichi. *System of Experimental Design*. Volume I and II. Kraus International Publications, 1987.
12. Bhote, Keki. *World Class Quality: Using Design of Experiments to Make It Happen*, 2ª ed. 2000, Amacom, New York.
13. Higgins, James M. *101 Creative Problem Solving Techniques, The Handbook of New Ideas for Business*. The New Management Publishing Company, 1994.
14. Tamborero, J. 1997, traducción del capítulo 15 del libro de David L. Goetsch y Stanley Davis. *Introduction to Total Quality*. Editorial Merrill, 1996. <https://avdiaz.files.wordpress.com/2012/06/estructura.pdf>

15. Salazar López, Bryan. Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF). Colombia. 2016.
16. <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/>
17. Roy D. M. (2005). Service Design for Six Sigma. New Jersey (Estados Unidos de América): Wiley-Interscience Publication
18. MAGNUSSON, K. (2000) Seis Sigma una estrategia pragmática. (1ª edición). Barcelona: Ediciones Gestión.
19. Altshuller, Genrich (1999). The Innovation Algorithm: TRIZ, systematic innovation, and technical creativity. Worcester, MA: Technical Innovation Center. ISBN 0-9640740-4-4.
20. Mizuno, Shigeru. Management for Quality Improvement The 7 New Qc Tools, Ed. Productivity, 1988.



*Metodología y herramientas para la solución de problemas y para la mejora continua* se publicó digitalmente en el repositorio de la Facultad de Ingeniería el 25 de julio de 2022. Primera edición electrónica de un ejemplar (6 MB) en formato PDF.

El cuidado de la edición y diseño estuvieron a cargo de la Unidad de Apoyo Editorial de la Facultad de Ingeniería. La familia tipográfica utilizada fueron Minion Pro y Chivo con sus respectivas variantes.