

---

**CAPÍTULO**

**1**

---

**TEORÍA GENERAL**  
**Y**  
**HERRAMIENTAS BÁSICAS**

## 1.1 Conceptos e importancia de la Calidad

Actualmente existe un gran número de directivos de empresas y organizaciones que están cada vez más convencidos de las ventajas que produce trabajar desde la perspectiva de la calidad, explicado principalmente por tres aspectos. En primer lugar, la calidad genera productos y servicios mejorados, tiene como meta la disminución de los costos de producción y por lo tanto persigue aumentar la rentabilidad financiera de la organización. En segundo lugar, es un factor de motivación y de integración de los trabajadores, ya que los procesos de calidad involucran a todos y cada uno de los miembros de una empresa.

El mundo empresarial se ha desarrollado de una forma impresionante en los últimos tiempos, provocando una gran variedad y tipos de ofertas capaces de satisfacer cualquier demanda que se genere. Esto, unido a la crisis actual, conlleva a un sistema competitivo en el que variables tradicionales, típicamente económicas, como el precio, han pasado a segundo término, debido a que, por su tradicional importancia, han sido ya tenidas en cuenta por todas las empresas, ajustándolas al máximo y disminuyendo, con ello, las posibilidades de actuar a través de las mismas. El consumidor se encuentra en un estado ideal para la elección del producto o servicio, decidiéndose por aquel que más le satisface para cubrir sus necesidades, teniendo en cuenta todas las características del mismo. El cliente optará por aquel que, dentro del rango de precios que haya en el mercado, resulte más idóneo para su uso. Ese es precisamente el **concepto de calidad** que tiene el **consumidor, la adecuación e idoneidad al uso**. Pero, desde el punto de vista de la empresa, esa definición de calidad es insuficiente; hará falta algo más tangible para así poder crearla, desarrollarla y, cómo no, controlarla.

En la frase control de calidad, la palabra *calidad* no tiene el significado popular de lo mejor en sentido absoluto. Industrialmente quiere decir mejor dentro de ciertas condiciones del consumidor. Dentro de estas condiciones son importantes:

- El uso a que el producto se destina.
- Su precio de venta.

A su vez estas condiciones reflejan algunas otras como son:

- Las especificaciones dimensionales y operativas de las características.
- La vida y los objetivos de la confiabilidad.
- Los costos de ingeniería y de fabricación.
- Las condiciones bajo las cuales el producto es elaborado.
- Los objetivos de la instalación y mantenimiento.

No es práctico ni económico buscar perfección en esas condiciones y por esta razón, se aceptan *tolerancias*, la meta más bien es un nivel de calidad el cual establece un balance entre el costo del producto y el servicio que debe rendir.

La calidad entonces debe estar determinada por el cliente, no por el ingeniero, ni mercadotecnia, ni por la gerencia general. Está basado en la experiencia real del cliente con el producto o servicio, medida contra sus requisitos y siempre representa un objetivo que se mueve en el mercado competitivo. La calidad del producto y servicio puede definirse como:

La resultante total de las características del producto y servicio de mercadotecnia, ingeniería, fabricación y mantenimiento a través de los cuales el producto o servicio en uso satisfaga las esperanzas del cliente.

El propósito de la mayoría de las medidas de calidad es el determinar y evaluar el *grado o nivel* al que el producto o servicio enfoca su resultado total.

Algunos otros términos, como *confiable*, *servicial* y *durable*, en algunas ocasiones se han tomado como definiciones de la calidad del producto. Estos términos son, en realidad características individuales, que en conjunto constituyen la calidad del producto y servicio. Cuando existe un equilibrio económico entre estas características individuales en cuando se tiene calidad. Por ejemplo, el producto debe desempeñar sus funciones tantas veces como se le pida, a lo largo de su *ciclo de vida* estipulado, en las condiciones de ambiente y de servicio; en otras palabras, debe mostrar *confiabilidad*, al igual que el producto debe ser *seguro*. Debe establecerse un grado razonable de servicio y duración del producto, de forma que el producto sea apropiadamente *servicial* y *durable*, en su ciclo de vida. El servicio y la duración diseñados deben cumplirse para que el producto pueda considerarse como *servicial*. El producto debe tener un aspecto que agrade al consumidor, debe ser *atractivo*. Cuando todas las otras características del producto se encuentren balanceadas, la verdadera "calidad" resulta de ese conjunto que proporciona la función deseada, con la mayor economía, teniendo en consideración entre otras cosas la obsolescencia y servicio del producto, es decir el concepto debe estar orientado a la *completa satisfacción del cliente*.

Un producto o servicio tiene calidad en la medida que satisfaga las expectativas del cliente o definida de otra manera, la calidad es el grado de adecuación de un producto al uso que desea darle el consumidor (Ishikawa).

Como se ha visto hasta el momento la calidad es la satisfacción del cliente ¿pero quiénes son nuestros clientes?. Lo que podemos definir al cliente como aquella persona a quien un producto o proceso impacta, esto nos conlleva a dos tipos de clientes:

1. Los *clientes externos* incluyen no sólo al usuario final sino también a los procesadores intermedios y a los comerciantes. Otros clientes no son compradores sino que tienen alguna conexión con el producto, como los cuerpos regulatorios gubernamentales.
2. Los *clientes internos* incluyen tanto a otras divisiones de una compañía a las que se proporcionan componentes para un ensamble, como a otros a los que afecta, por ejemplo un departamento de compras que recibe una especificación de ingeniería para una adquisición, o la realización de una operación dentro del proceso necesaria para llevar a cabo otras operaciones, etc.

Han existido diversos conceptos de calidad entre algunos de los autores tenemos a: Armand V. Feigenbaum, Walter A. Shewhart, W. Edwards Deming, Kaouru Ishikawa, Philip Cross Be, Joseph M. Juran, Genichi Taguchi entre otros, los cuales daré los principales aspectos de su filosofía sobre el concepto de calidad.

En general, la definición de calidad que tienen estos expertos caen en dos categorías:

- El nivel uno de calidad es una manera simple de producir bienes o entregar servicios cuyas características medibles satisfacen un determinado set de especificaciones que están numéricamente definidas.
- Independientemente de cualquiera de sus características medibles, el nivel dos en calidad de productos y servicios son simplemente aquellos que satisfacen las necesidades de los clientes para su uso o consumo.

En resumen, el nivel uno de calidad significa trabajar en las especificaciones, mientras que el nivel dos significa satisfacer al cliente.

### ***La definición de calidad según Feigenbaum***

Sin lugar a dudas, la definición de Feigenbaum es de nivel dos. De hecho, sus comentarios y definiciones son remarcados por su consistencia sobre satisfacer las necesidades y expectativas del cliente.

Los puntos esenciales de Feigenbaum son:

- La calidad tiene que estar definida en términos de satisfacción del cliente.
- La calidad es multidimensional. Debe estar definida comprensivamente.
- Debido a que los clientes tienen necesidades cambiantes, la calidad es dinámica. Sobre eso, Feigenbaum escribe “Un rol crucial de la Alta Gerencia para la calidad es el reconocer esta evolución en la definición de calidad que tienen los clientes, en distintas fases del crecimiento del producto.

Si la evaluación de la calidad depende del cliente y se necesita retroalimentación mientras el producto se está desarrollando, entonces se está en capacidad de traducir dichas necesidades del cliente en características del producto. Feigenbaum observa que Mercadeo evalúa el nivel de calidad que esperan los clientes, así como lo que estarían dispuesto a pagar. Ingeniería reduce la evaluación de Mercadeo a especificaciones exactas.

Esta necesidad de determinar lo que los clientes quisieran pagar para obtener una aproximación de su producto o servicio ideal, y luego traducir esta información en especificaciones para una variedad de características de productos y servicios, es la pesadilla que reta a todos los expertos en gestión de calidad total.

El discurso de Feigenbaum parece débil en lo que respecta a la traducción de expectativas de clientes en características de producto o servicio.

De igual manera, es difícil encontrar una mejor descripción de los componentes básicos de una organización moderna enfocada a la calidad que la establecida en el libro de Feigenbaum “Control Total de la Calidad”, en el cual menciona:

*"La calidad es una determinación del cliente, o una determinación del ingeniero, ni de Mercadeo, ni del Gerente General. Está basada en la experiencia actual del cliente con los productos o servicios, comparado con sus requerimientos, establecidos o no establecidos, conscientes o inconscientes, técnicamente operacionales o enteramente subjetivos. Y siempre representando un blanco móvil en un mercado competitivo.*

*La calidad del producto y servicio puede ser definida como: Todas las características del producto y servicio provenientes de Mercadeo, Ingeniería, Manufactura y Mantenimiento que estén relacionadas directamente con las necesidades del cliente”<sup>1</sup>.*

### **La definición de calidad según Shewhart**

El enfoque de su definición de calidad es consistente con una de nivel dos, en la cual los principales puntos de Shewhart son:

- Existen dos características de calidad: subjetiva (lo que el cliente quiere) y objetiva (propiedades del producto, independientemente de lo que el cliente quiere).
- Una importante dimensión de calidad es el valor recibido por el precio pagado.
- Los estándares de calidad deben ser expresados en términos físicos y características cuantitativamente medibles de los productos.
- La estadística debe ser usada para tomar información sobre el gran potencial que tienen muchos productos y servicios y traducirla en características medibles de un producto específico que satisfaga al mercado.

Esta definición la escribió Shewhart en los años 20, la cual para tu tiempo estaba bastante avanzada y en algunos aspectos es muy superior a la que han escrito otros gurús contemporáneos que han seguido y aceptado sus conceptos. Por lo cual casi pasa desapercibida dicha definición. También en su libro *“Control Económico de la Calidad en Manufactura”* escrito en Nueva York en 1931 menciona.

*“Si tuviéramos que hablar inteligente acerca de la calidad de una cosa o de un producto, tenemos que tener en mente una idea clara de lo que es calidad. Ha sido suficiente con indicar que hay dos aspectos comunes de la calidad; el primero tiene que ver con la consideración de que la calidad de una cosa es algo totalmente independiente de la naturaleza del ser humano. La segunda tiene que ver con lo que nosotros sentimos, pensamos y que es resultado de la realidad objetiva.*

*En otras palabras, hay un lado subjetivo de la calidad. Por ejemplo, tratamos con el concepto subjetivo de la calidad cuando intentamos medir lo bueno que es algo, por eso es imposible pensar que algo es “bueno” sin relacionarlo con algún deseo humano.*

*De hecho, este concepto subjetivo de calidad está estrechamente relacionado con la utilidad o el valor de alguna propiedad física y objetiva que pueda tener algo por sí solo.*

*Para la mayor parte, podemos pensar que las características objetivas de calidad que tiene algo pueden ser constantes y medibles, en el sentido de que las leyes físicas son cuantitativamente expresables e independientes en el tiempo.*

---

<sup>1</sup> ARMAND V. FEIGENBAUM, *“Control Total de la Calidad”*.

*Cuando analizamos la calidad desde un punto de vista subjetivo, se realzan serias dificultades comparativas. Para comenzar, hay varios aspectos del concepto de valor, que se pueden agrupar en cuatro clases: Uso, costo, estima o aprecio y cambio.*

*Desde el punto de vista de control de calidad en manufactura, es necesario establecer estándares de calidad de una forma cuantitativa.*

*Por esta razón estamos forzados a este tiempo para expresar dichos estándares tan pronto como sea posible, en términos de características objetivas y medibles. Sin embargo, esto no significa que la medida subjetiva de calidad no sea de interés. Por el contrario, esta medida es la que representa interés comercial.*

*Viéndolo bien, hay, en un cierto momento, algunos deseos humanos, de todo lo que encierra un proceso, desde la fabricación de la materia prima hasta el ensamble del producto terminado de distinta clase. Estos deseos son estadísticos en naturaleza, mientras que la calidad de un producto terminado la dan en términos de características físicas deseados por un solo individuo, el cual no necesariamente sea el mismo que para los demás.*

*El primer paso del ingeniero para tratar de satisfacer esos deseos, es el intentar traducir esos deseos en características físicas y medibles. Al asumir este paso, la intuición y el juicio juegan un importante rol tan importante como lo es el conocimiento humano inmerso dentro de ese deseo.*

*El segundo paso para el ingeniero es establecer vías y formas de obtener un producto que pueda diferir de un arbitrario set de estándares de aquellas características de calidad que no son más que el fruto del azar”.*

### ***La definición de calidad según W. Edwards Deming***

Deming es claramente consistente con la definición de calidad de nivel dos. El menciona como argumentos principales los siguientes:

- La calidad tiene que estar definida en términos de satisfacción del cliente.
- La calidad es multidimensional. Es virtualmente imposible definir calidad de un producto o servicio en términos de una simple característica o agente.
- Hay definitivamente diferentes grados de calidad. Como calidad es esencialmente equitativo a la satisfacción del cliente, la calidad del producto A es mayor a la calidad del producto B, para un cliente en específico. Es decir, si A satisface las necesidades del cliente en un mayor grado que lo hace B.

W. Edwards Deming menciona en su libro “fuera de crisis” de 1988, lo siguiente:

*“Los problemas inherentes en tratar de definir la calidad de un producto, casi de cualquier producto, fueron establecidos por el maestro Walter Shewhart. La dificultad en definir calidad es traducir las necesidades futuras de los usuarios en características medibles, solo así un producto puede ser*

*diseñado y fabricado para dar satisfacción a un precio que el cliente pagará. Esto no es fácil, y tan pronto como uno se siente exitoso, encuentra rápidamente que las necesidades del cliente han cambiado y que la competencia ha mejorado, hay nuevos materiales para trabajar, algunos mejores que los anteriores, otros peores, otros más baratos, otros más caros.*

*¿Qué es calidad? Calidad puede estar definida solamente en términos del agente.*

*¿Quién es el juez de la calidad?*

*En la mente del operario, produce calidad si toma orgullo en su trabajo. La mala calidad, según este agente, significa la pérdida del negocio o de su trabajo. La buena calidad, piensa, mantendrá a la compañía en el negocio. Todo esto es válido en industrias de bienes y servicios.*

*La calidad para el Gerente de Planta significa obtener las cifras resultantes y conocer las especificaciones. Su trabajo es también el mejoramiento continuo de los procesos y liderazgo.*

### **La definición de calidad según Kaoru Ishikawa**

Esta definición está dentro del nivel dos. Menciona en forma amplia los principios de control de calidad y está claramente interesado en el aseguramiento de calidad a un nivel práctico. No menciona mucho sobre cómo los procesos de producción o atención, pueden ser diseñados para asegurar la satisfacción de necesidades y expectativas del cliente.

Por otro lado, Ishikawa pone en claro que la prueba de alta calidad es la satisfacción de cualquier cambio en las expectativas del cliente.

Los puntos esenciales de Ishikawa son:

- La calidad es equivalente a la satisfacción del cliente.
- La calidad tiene que estar definida comprensivamente. No es suficiente con decir que el producto es de alta calidad. Debemos enfocarnos en la calidad de cada departamento en la organización.
- Los requerimientos y necesidades de los clientes cambian. Además, la definición de calidad es siempre cambiante.
- El precio de un producto o servicio es una parte importante de la calidad. Ishikawa escribe que no importa qué tan alta es la calidad, pues si el producto tiene un precio

más alto del recomendable, no podrá generar satisfacción en el cliente. En otras palabras, no se puede definir calidad sin haber considerado antes el precio.

Kaoru Ishikawa menciona en su libro, *¿Qué es Control Total de la Calidad?* El modelo japonés; Prentice Hall, 1985, lo siguiente:

*"Nos comprometemos con el control de calidad en orden de manufacturar productos con la calidad que pueda satisfacer los requerimientos del cliente.*

*El mero hecho de contar con estándares nacionales no es la respuesta, esto es simplemente insuficiente.*

*Los Estándares Industriales Japoneses (JIS) o estándares internacionales establecidos por la IEEE no son perfectos. Poseen muchos atajos. Los clientes no necesariamente están satisfechos con un producto que tenga los JIS. Podemos mantener en mente que los requerimientos del cliente cambian de año a año. Generalmente, aun cuando los estándares industriales cambien, esto no asegura que estén alineados con los requerimientos del cliente.*

*Hacemos énfasis en la orientación hacia el cliente. Aquí, ha sido aceptado por los productores el pensar que le están haciendo al cliente un favor vendiéndoles sus productos. Esto lo llamamos un tipo de operación "por producto".*

*Lo que propongo es un sistema de "mercadeo interno", en el que los requerimientos del cliente son analizados. En términos prácticos, propongo que los industriales estudien las opiniones y requerimientos del cliente y los tomen como referencia cuando diseñen, produzcan y vendan sus productos. Cuando desarrollen un nuevo producto, el fabricante deberá anticipar los requerimientos y necesidades del cliente.*

*Como uno interprete el término "calidad" es importante. De manera somera, calidad significa calidad del producto. Más específico, calidad es calidad de trabajo, calidad del servicio, calidad de información, calidad de proceso, calidad de la gente, calidad del sistema, calidad de la compañía, calidad de objetivos, etc.*

### **La definición de calidad según Philip Cross Be**

La definición sobre calidad de Cross Be se puede apreciar en lo que menciona en su libro: Crosby Philip, "Quality is Free" Mc Graw Hill, New York, 1979, en el cual menciona lo siguiente:



*"El primer supuesto erróneo es que calidad significa bueno, lujoso, brillo o peso. La palabra "calidad" es usada para darle el significado relativo a frases como "buena calidad", "mala calidad" y ahora a "calidad de vida". Calidad de vida es un cliché porque cada receptor asume que el orador dice exactamente lo que el (ella) "el receptor", quiere decir. Esa es precisamente la razón por la que definimos calidad como "Conformidad con requerimientos", si así es como lo vamos a manejar....*

*Esto es lo mismo en negocios. Los requerimientos tienen que estar claramente establecidos para que no haya malentendidos. Las mediciones deben ser tomadas continuamente para determinar conformidad con esos requerimientos. La no conformidad detectada es una ausencia de calidad. Los problemas de calidad se convierten en problemas de no conformidad y la calidad se convierte en definición."*

Podemos apreciar en dichas palabras que su definición es estrictamente una formulación del nivel uno, en que la calidad de un producto o servicio es equivalente a estar seguro de medir todas las características de un producto o servicio que satisfagan los criterios de especificación.

Los puntos esenciales de esta definición son:

- Es necesario definir calidad; de otra forma, no podemos conocer suficiente acerca de qué se está haciendo para manejarlo.
- De alguna forma, alguien debe conocer cuáles son los requerimientos que deben establecerse como características medibles de los productos y servicios.
- Con los requerimientos establecidos en términos de especificaciones numéricas, podemos medir las características de un producto (diámetro de un hoyo) o servicio (tiempo de respuesta de servicio al cliente) para ver si es considerado como producto de alta calidad.

No está todo claro en la definición de Crosby, donde hay varios niveles de calidad, o simplemente dos: aceptable o no aceptable. Este es el caso, por ejemplo, de que todas las unidades de productos o servicios tengan la misma calidad? Crosby no responde directamente esta pregunta, pero, a juzgar por sus ideas, se tiene la sensación de que respondería "Sí"

### ***La definición de calidad según Joseph M. Juran***

La definición que brinda Juran con respecto a lo que es calidad, se puede enmarcar dentro de ambos niveles.

Los puntos esenciales de esta definición son:

- Probablemente no será posible dar una definición práctica de calidad.
- Aunque pensemos que podríamos usar la palabra “calidad” en términos de satisfacción del cliente y especificaciones, es bastante difícil hacerlo de ese modo. Definiendo calidad simplemente por su uso, se puede obviar esa dificultad.

El uso está aparentemente ligado con las necesidades de los clientes, y sugiere conformidad con las características medibles del producto.

Se tiene la impresión que a Juran le gustaría definir calidad en términos de satisfacción del cliente. Sin embargo, para hacer eso, debe tomar en cuenta la relación entre la satisfacción del cliente (para lo cual no aparecen estrategias de medición) y la conformidad con las características y especificaciones del producto (lo cual se puede dar fácilmente).

Debido a que él no está satisfecho con los esfuerzos para integrar satisfacción del cliente con especificaciones de producto, intenta definir calidad en dos diferentes (y tal vez inconsistentes) vías, tal y como aparece en su libro “Manual de Control de Calidad, 4° Ed. McGraw Hill, 1988, en la cual menciona:

*"La palabra calidad tiene múltiples significados. Dos de ellos son los más representativos:*

*1. La calidad consiste en aquellas características de producto que se basan en las necesidades del cliente y que por eso brindan satisfacción del producto.*

*2. Calidad consiste en libertad después de las deficiencias.*

*Puede ser más conveniente tener alguna frase que sea universalmente más aceptada, por ejemplo, una que incluya las características del producto conllevan a la satisfacción y además libertad después de deficiencias. Varias frases han sido propuestas por practicantes, pero ninguna ha tenido aceptación universal.*

*Sin embargo, en un libro como éste (Manual de Control de Calidad), es más conveniente estandarizar en un simple término la palabra calidad...sería adecuado para su uso.*

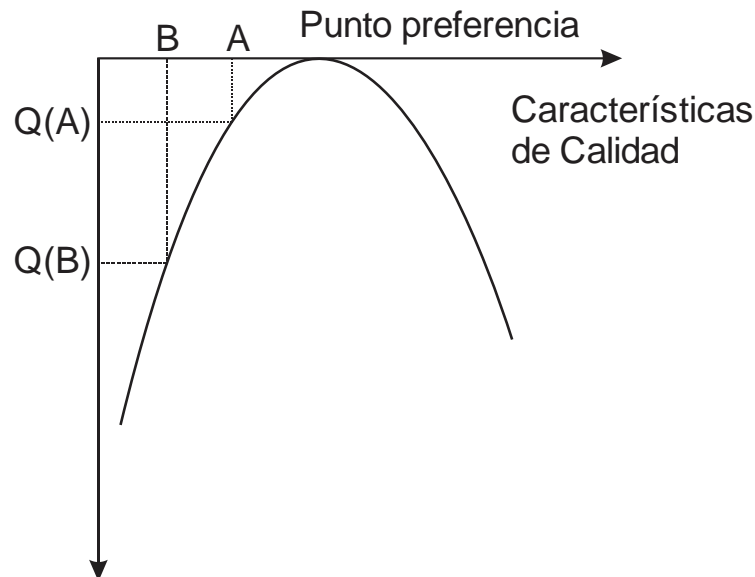
### **La definición de calidad según Genichi Taguchi**

Es importante notar que esta figura es un modelo de una función de decisión social en relación con un producto o servicio cuyas características medibles de interés son representadas en el eje horizontal.

Desafortunadamente, Taguchi no pone cuidado en cómo la función de calidad (o pérdida) social pueda deberse a las funciones de calidad propias de cada cliente, quienes atienden a un mercado específico y el cómo se pueden hacer negocios determinando pérdidas para la sociedad, si la información de entrada al modelo es una colección de perfiles de clientes.

En la Figura 1.1:

- El eje horizontal representa una escala de características medibles que, para la sociedad, son importantes.
- El punto de preferencia es el valor de la característica de calidad que tenga la sociedad (lo que todo el mercado quiere).
- El eje vertical es una escala para la calidad experimentada por la sociedad dentro de un espectro completo de la característica de calidad.
- La función de calidad es usualmente asumida por una función cuadrática que relaciona valores de características de calidad con la calidad que la sociedad experimentará, sujeto a donde se localiza el punto donde ambos concuerdan y obtienen el dato.

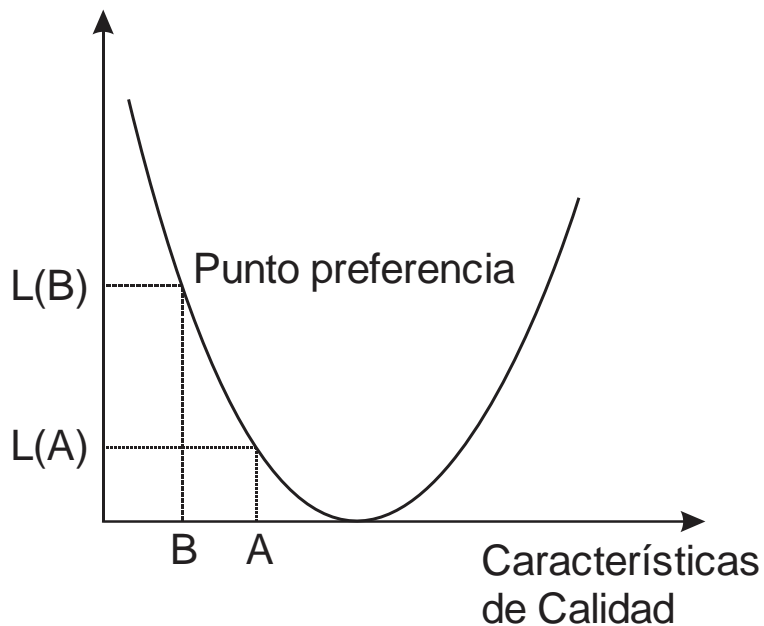


*Figura 1.1 Función Social de Calidad*

Nótese que dos valores específicos de las características de calidad han sido identificados como A y B en el eje horizontal. Para encontrar la calidad que la sociedad le asocia al valor A, por ejemplo, simplemente se traza una línea vertical desde A y hacia debajo de la curva y luego trace una horizontal desde ese punto hasta el eje de calidad. Este punto es la calidad que la sociedad experimentará al esperar su punto de preferencia, pero establecido para el valor A.

Obviamente, el máximo valor de calidad por una sociedad ocurre cuando la sociedad toma exactamente lo que quiere (su punto de preferencia). Mientras más larga sea la distancia entre lo que la sociedad actualmente quiere y la localización de su punto de preferencia, la sociedad experimentará menos calidad. En la Figura 1.1, el punto A está más cercano a dicho punto de preferencia que el punto B. Por tanto, la sociedad experimentará mayor calidad si se establece en el punto A, que si se fuerza a establecerse en el punto B, es decir  $Q(A) > Q(B)$ .

Aparte de que hay un considerable mérito en el modelo conceptual explicado en la figura 1.1, el mismo es también caracterizado en términos de pérdida, y no de calidad. Es tan sencillo como cambiar la orientación desde la calidad, girando la Figura 1.1 a 180 grados sobre el eje horizontal, tal y como se muestra en la Figura 1.2.



*Figura 1.2 Función Social de Pérdida*

A medida que se esté experimentando un descenso en la calidad, se va cambiando la posición del producto o servicio ofrecido, yéndose más allá del punto de preferencia social y por ende, la sociedad experimenta un aumento en el valor de pérdida.

De hecho, se presentan problemas con este modelo de pérdida. Si en la Figura 1.2 se reemplazara "Función de pérdida social" con "Función de pérdida de clientes", entonces la ilustración sería un soberbio modelo conceptual, si se contara con algunos perfiles individuales con respecto a clientes. Por "perfil de cliente", se debe entender un par de datos bien definido con respecto al punto de preferencia del cliente y su función de pérdida.

Pero, cómo se agregan perfiles individuales a clientes para producir una única, defendible y prácticamente utilizable perfil social de calidad?. Taguchi no tiene respuesta, de hecho, no está claro si al menos él intenta responderla.

Lo que Taguchi dice es que “Calidad es la pérdida que produce un producto después de que haya sido entregado”. Si se está correcto en sugerir que cada cliente potencial dentro de un mercado tiene un perfil de calidad semejante al de la Figura 1.2, entonces el reto sería determinar la pérdida de la sociedad para que de alguna forma se puedan obtener los perfiles individuales de cada cliente y así conformar el perfil completo de la sociedad.

Entonces, si se minimiza la pérdida a la sociedad (que es el objetivo de Taguchi), se puede maximizar la calidad. En realidad, este es el reto que enfrenta la investigación de mercados con los departamentos de investigación y desarrollo de cada compañía.

Los puntos esenciales de la definición de Taguchi son:

- La Calidad es la pérdida de la sociedad.
- La pérdida causada por las funciones intrínsecas de los productos o servicios no cuentan para calcular la pérdida de la sociedad. Por ejemplo, un programa de intervención designado para ayudar a mujeres adolescentes a usar computadoras puede ser de alta calidad (los papás de las chicas están extremadamente satisfechos con el creciente interés en computación que demuestran sus hijas), aún pensando que la función intrínseca del programa cause ciertas pérdidas a la sociedad (algunas de las chicas, a través de la Internet, se contactan con hombres que las buscan con intenciones muy lejanas a la honorabilidad).

¿Esta definición es de nivel uno o de nivel dos? Aunque no resulta claro, partiendo de la discusión presentada en estas páginas, la definición de Taguchi es de Nivel uno.

En principio, se puede pensar que su definición es de nivel dos, pero una segunda mirada revelará que la estrategia desarrollada para maximizar la calidad (minimiza pérdida para la sociedad) puede ser una que deje a un buen número de clientes fuera de contexto.

Genichi Taguchi menciona en su libro Taguchi y Yu-in Wu, Introducción al Control de Calidad, Japón 1979, lo siguiente:

*“La calidad es la pérdida que un producto causa a la sociedad después de haber sido entregado...algunas otras pérdidas son causadas por su función intrínseca.”*

## 1.2 Costos de Calidad

En los años pasados las empresas tenían la idea equivocada de que el logro de una mejor calidad requiere de costos mucho más altos. Esto es totalmente falso y fuera de la realidad actual en las industrias. La calidad insatisfactoria significa una utilización de recursos insatisfactorios. Esto incluye desperdicios de material, desperdicios de mano de obra, desperdicios de tiempo y equipo -y en consecuencia implica mayores costos-. En contraparte, la calidad significa la utilización de recursos satisfactoria optimizando los recursos de tal manera que resultan costos menores.

Un factor importante en estos conceptos equivocados anteriormente de la relación entre la calidad y el costo era la poca disponibilidad de datos significativos, por esos años se tenía la creencia de que la calidad no podía ser prácticamente medida en términos de costos. Parte de la razón de esta creencia era la contabilidad de costos tradicional, que seguía la guía de la economía tradicional, y que no había tratado de cuantificar la calidad.

Actualmente no sólo se reconoce la capacidad, de medición, de los costos de calidad, sino que estos costos son centrales para la administración e ingeniería del control moderno de la calidad total así como para la planeación estratégica del negocio de compañías. Los costos de calidad proporcionan el común denominador económico a través del cual la administración de la empresa y los participantes del control de calidad pueden comunicarse clara y efectivamente en términos de negocios. Los costos de calidad son la base a través de la cual se pueden evaluar inversiones en programas de calidad en términos de mejoras en costos, aumento de las utilidades y otros beneficios para las empresas de estos programas. Fundamentalmente son la base para evaluar los proyectos de mejora de la calidad.

La incidencia de los costos de la calidad es muy amplia y recae no solamente sobre los productores, sino sobre el consumidor y distribuidores y, en realidad sobre las actividades a lo largo del proceso completo de producción y consumo. Como tal, los costos de calidad se han convertido en un indicador cada vez más importante en la medición económica del Producto Nacional Bruto (PNB), con la importancia económica de la calidad del servicio y producto, siendo cada vez más y más reconocida.

Los costos de calidad en las empresas se contabilizan de forma que incluyan dos áreas principales: los costos de control y los costos por fallas en el control. Los costos de control se miden en dos segmentos: *costos de prevención*, que evitan que ocurran defectos e inconformidades y que incluyen los gastos de calidad para evitar que surjan productos insatisfactorios. Aquí se incluyen tales áreas de costos como calidad en la ingeniería y entrenamiento de la calidad para los empleados. Los *costos de evaluación* incluyen los costos por mantener los niveles de calidad de la compañía por medio de evaluaciones formales de la calidad del producto. Esta incluye áreas de costos como inspección, pruebas, investigaciones externas, auditorías de calidad y gastos similares. La figura 1.3 nos muestra los segmentos de los costos.

Los costos por falla en el control, que son causados por los materiales y productos que no satisfacen los requisitos de calidad, se miden también en dos segmentos: *costos por fallas internas*, que incluyen los costos de calidad insatisfactoria dentro de la compañía, tales como desechos, deterioro y material retrabajado, y los *costos por fallas externas* que incluyen los costos de calidad insatisfactoria fuera de la compañía, como fallas en el desempeño del producto y quejas de los clientes.

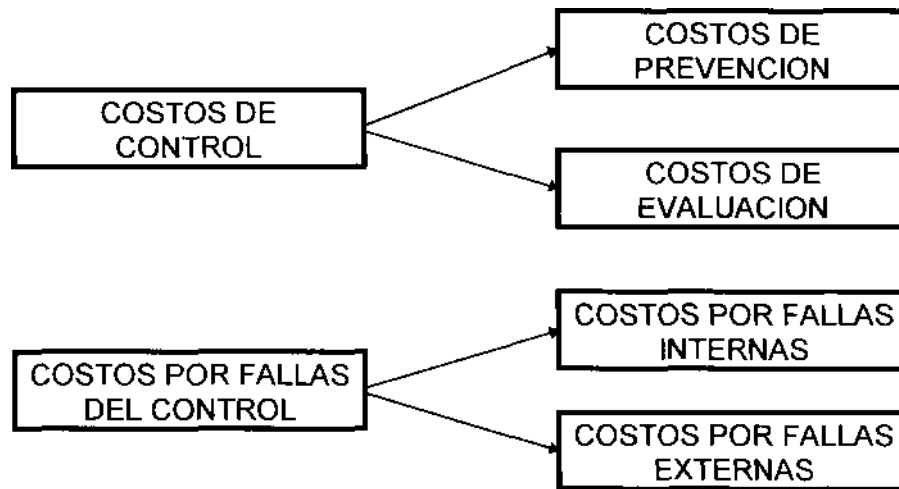


Figura 1.3 Costos de calidad

## DEFINICIONES DE LOS PUNTOS DE COSTOS.

### COSTOS DE PREVENCIÓN

Estos son los costos en que se incurre al mantener los costos de fallas y de apreciación al mínimo. Los ejemplos son:

**Planeación de la calidad:** la organización de las actividades que juntas crean el plano global de calidad y los numerosos planes especializados; también la preparación de los procedimientos necesarios para comunicar estos planes a todos los involucrados.

**Revisión de nuevos productos:** costos de ingeniería de confiabilidad y otras actividades relacionadas con la calidad asociada con introducción de nuevos diseños.

**Control de procesos:** costo de inspección y pruebas en proceso para determinar el estado del proceso y la no aceptación del producto.

**Auditorías de calidad:** costos de evaluar las actividades del plan global de calidad.

**Evaluación de la calidad del proveedor:** costos de evaluar las actividades de calidad del proveedor antes de la selección, de la auditoría de las actividades durante el contrato y de llevar a cabo esfuerzos asociados junto con el proveedor.

**Entrenamiento:** costos de preparación e implantación de programas de entrenamiento relacionados con la calidad.

### COSTOS DE EVALUACION

Estos son costos en los que se incurre al determinar el grado de conformidad con los requerimientos de calidad. Los ejemplos de este tipo de costos son:

**Inspección y pruebas al recibir:** costos de determinar la calidad de productos comprados, ya sea por inspección al recibir, por inspección en la fuente de producción o por vigilancia con el proveedor.

**Inspección y prueba en proceso:** costos de la evaluación en proceso de la conformancia con los requerimientos.

**Inspección y prueba final:** costos de evaluación de la conformancia con los requerimientos para la aceptación del producto.

**Auditorías de la calidad del producto:** costos de realizar auditorías de calidad sobre productos en proceso o terminados.

**Mantenimiento de la exactitud del equipo de prueba:** costos de mantener los instrumentos y equipos de medición calibrados.

**Inspección y pruebas de materiales y servicios:** costos de materiales y provisiones para el trabajo de inspección y prueba (por ejemplo, película de rayos X) y los servicios generales (como energía eléctrica) cuando sean significativos.

**Evaluación del inventario:** costos de probar productos almacenados para evaluar la degradación.

**Contratos con el exterior:** se refieren a los costos de laboratorio comerciales, inspecciones de compañías de seguros, etc.

**Revisión del producto por ingeniería y embarque del mismo:** representan los costos aplicables al tiempo que los ingenieros de producción tardan en hacer una revisión de los datos correspondientes a las pruebas y a la inspección del producto antes de autorizar su entrega para que salga de la fábrica.

**Pruebas de campo:** son los costos en que se incurre por pruebas en el terreno de uso, del consumidor, antes de la entrega definitiva del producto. Comprende gastos de viaje y gastos de estancia.

## **COSTOS DEBIDO A FALLAS INTERNAS**

Estos son los costos asociados con defectos (errores, fuera de especificaciones, no conformancia, etc.) que se encuentran antes de transferir el producto al cliente. Son costos que deberían desaparecer si no existieran defectos en el producto antes de la entrega. Ejemplos de este tipo de costos son:

**Desperdicio:** mano de obra, material (casi siempre) costos generales de los productos defectuosos que no es económico reparar, desperdicio, desecho, defectuosos, basura, etc.

**Retrabajo:** el costo de corregir los defectos para hacer que satisfagan las especificaciones.

**Análisis de fallas:** costos de analizar los productos no conformantes para determinar las causas.

**Materiales de desperdicio y retrabajo:** costos de desperdicio y retrabajo debidos a productos fuera de especificaciones recibidos de los proveedores.



**Inspección al 100%:** costos de encontrar unidades defectuosas en lotes de productos que contienen niveles inaceptables de productos defectuosos.

**Reinspección y volver a probar:** costos de volver a inspeccionar y probar os productos que han pasado por retrabajo u otra revisión.

**Pérdidas de proceso evitables:** costos de las pérdidas que ocurren aun con productos conformantes -por ejemplo, sobrellenar contenedores (que van a los clientes) debido a una variabilidad excesiva en el equipo de llenado y medición.

**Rebajas:** la diferencia entre el precio normal de venta y el precio reducido por razones de calidad.

## COSTOS POR FALLAS EXTERNAS

Estos costos están asociados con defectos que se encuentran después de mandar el producto al cliente. Estos costos también deberían desaparecer si no hubiera defectos. Los ejemplos de este tipo de costos son:

**Costos de garantía:** costos de reemplazo o reparación de productos que están dentro del período de garantía.

**Conciliación de quejas:** costos de investigación y conciliación de quejas justificadas atribuibles a un producto o instalación defectuosa.

**Material regresado:** costos asociados con la recepción y reemplazo de productos defectuosos recibidos del cliente.

**Concesiones:** costos de concesiones hechas a los clientes cuando aceptan productos como están, abajo de los estándares, o productos conformantes que no cumplan las especificaciones de adecuación para el uso.

**Servicio al producto:** representan todos los costos aceptados por servicio al producto directamente atribuible a la corrección de imperfecciones o pruebas especiales, o corrección de defectos no como resultado de quejas en el campo. No incluye servicio de instalación o contratos de mantenimiento.

**Responsabilidad legal del producto:** son los costos por calidad en que se incurre como resultado de juicios de demandas legales relacionadas con las fallas de calidad.

**Retracción del producto:** son los costos relacionados con la calidad como resultado de la retracción (retiro) de productos o componentes del producto.

Dado que los productos defectuosos no identificados y vendidos saldrán al mercado, puede ser que se sufran reclamaciones de algunos clientes. Esto nos lleva a asumir un costo de servicio de asistencia, generalmente compuesto por personal especializado (y, en general bastante caro), reparaciones, sustituciones de productos o piezas del mismo, desplazamientos del personal, etc. En caso de que no exista ninguna reclamación no habrá que sumar, como es lógico, ningún costo adicional. Pero, en ambos casos, existirá un costo intangible verdaderamente peligroso para la empresa, derivado de las repercusiones negativas sobre la opinión acerca de la calidad de nuestro producto y del buen nombre de la empresa. Ello provocará a la larga una pérdida de imagen que costará muchísimo recuperar,

en el caso de que se tenga oportunidad de hacerlo. Debemos recordar que siempre es más fácil adquirir prestigio o renombre o tratar de recuperarlo cuando ya se ha perdido.

			Costos tangibles	Costos Intangibles
P R O D.  D E F E C T U O S O S	Productos defectuosos identificados	Rechazados	Costo del material, de la mano de obra y gastos generales, menos los ingresos producidos por la venta de residuos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perdidas en la producción</li> <li>• Obstáculos a la programación</li> <li>• Disgusto de clientes por retrasos eventuales</li> <li>• Moral empresarial, etc.</li> </ul>
		Utilizados como productos "B"	Diferencia de precio entre las dos clases de productos	
		Reelaborados	Costo de las elaboraciones suplementarias	
	Productos no identificados y vendidos	Reclamados por el cliente	Costo del servicio de asistencia por inspecciones, reparaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mala fama para la calidad del producto y el buen nombre de la empresa</li> <li>• A la larga, pérdida de imagen</li> </ul>
		No reclamados por el cliente	Ninguno	

Tabla 1.1

Costos generados por los productos defectuosos

Para llevar a cabo el análisis del comportamiento de los costos en una empresa, lo haremos mediante la comparación del porcentaje en cada uno de los costos. La figura 1.4 muestra los costos de la calidad para tres líneas de producto, separadamente: A, B, y C. La línea A hace ver una proporción demasiado alta en fallas con muy poco esfuerzo en cuanto a prevención y a evaluación. La evaluación aparece alta en la línea B. En cuanto a la línea C, el porcentaje en prevención va hacia arriba, sin embargo, las fallas internas permanecen altas; esto significa que el esfuerzo en prevención debe ser aumentado a fin de reducir las fallas internas. También podemos ver que a mayor costo de prevención se ve reducido los costos por fallas, es decir más vale prevenir que lamentar.

La tabla 1.2 muestra un ejemplo que utiliza los datos de 8 meses. Ahí, para cada producto, los costos por fallas están sobre el 80% del total y los costos de prevención son menores que el 2% del total. Las implicaciones son claras.

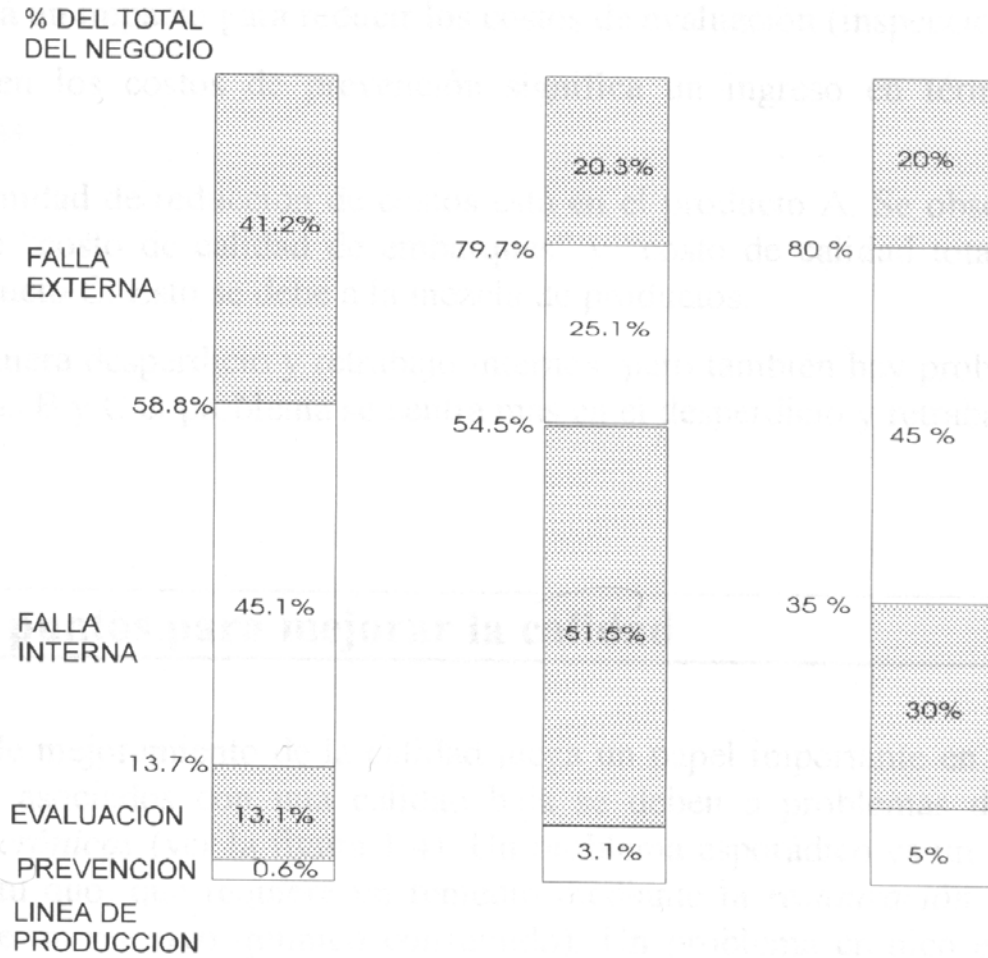


Figura 1.4 Costos de calidad para tres líneas de productos

	Producto A	Producto B°	Producto C
Prevencción \$	5 698	1 569	1 908
Evaluación \$	37 676	10 384	9 206
Fallas internas \$	119 107	60 876	63 523
Fallas externas \$	133 168	12 625	15 755
Gran total \$	295 649	85 454	90 392
Embarques \$	8 165 000	1 750 000	840 000
Razón (costo de calidad a embarques, %)	3.62	4.88	10.76
Número de máquinas	71	14	14
Costo de calidad total por máquina \$	4165	6 104	6 456

Tabla 1.2 Balance de costos de calidad por línea de producto.

- Para lograr una reducción significativa en los costos, deben atacarse primero los costos por fallas. Esto tendrá un impacto para reducir los costos de evaluación (inspección).
- Un incremento en los costos de prevención significa un ingreso en términos de costos menores por fallas.
- La mayor oportunidad de reducción de costos está en el producto A. Se observa que al usar los resultados de “costo de calidad de embarques” y “costo de calidad total por máquina” sobresale el producto C. Esto se debe a la mezcla de productos.
- El producto A genera desperdicio y retrabajo internos, pero también hay problemas externos. Para los productos B y C el problema se centra más en el desperdicio y retrabajo internos.

Para que un sistema de gestión de calidad sea efectivo, debe de estar debidamente complementado por los procedimientos de cálculo de sus costos, como parte integrante del sistema contable de la empresa. Este trabajo se realiza con la finalidad de establecer las bases necesarias para la implementación de un sistema de costos de calidad que considere las categorías reconocidas en la gestión de calidad, y que a su vez sea compatible con el sistema de costos vigente.

### 1.3 Cadena Cliente-Proveedor

Toda organización humana bajo el modelo de Calidad Total es una cadena de relaciones Cliente–Proveedor, Siendo el cliente/usuario externo el que orienta el sentido de las relaciones internas. Aun cuando la aplicabilidad de la cadena se extiende tanto a los clientes/usuarios externos como a los internos.

La relación cliente-proveedor es un proceso racional que, siguiendo un método sistemático, conduce a los miembros de dos unidades funcionales a ponerse de acuerdo de manera formal:

- Sobre los resultados (calidad, costo y plazo) a satisfacer dentro de la definición de necesidades del cliente/usuario.
- Sobre las acciones a desarrollar en común para mejorar de forma continua la calidad de los procesos, productos y/o servicios intercambiados.

El proceso que configura la cadena cliente-proveedor atiende a un esquema en forma de buque cerrado que sigue los siguientes pasos: la negociación, la formación, la prevención, las medidas, la conformidad y la vuelta a empezar. La estrategia de implementación merece especial énfasis en su diseño y puesta en práctica debido a las numerosas vinculaciones que dicho proceso mantiene con la estructura orgánica formal del sistema de calidad, la participación y adhesión del personal y, el proceso de despliegue de objetivos que da lugar.

La estructura interna de la cadena cliente-proveedor se fundamenta en:

- *La confianza*: Capacidad de mantener los compromisos recíprocos respecto a los acuerdos y, repartición equitativa de los beneficios debidos a las mejoras de la productividad.

- *La paridad*: tener en cuenta el punto de vista de cada uno.
- *La concertación*: evaluación periódica de resultados, soluciones de dificultades y arreglo de litigios.
- *La comunicación*: intercambio de todas las informaciones útiles y adhesión de todos los empleados.
- *La sinergia*: adicionar las energías individuales que permitan al grupo: optimizar recursos, transferir tecnologías y experiencias.
- *Los desafíos*: la estructura y funcionamiento de las partes debe ser tal que facilite los procesos de:
  - *Innovación*: asociación para la definición, la concepción y la realización de un proceso, producto y/o servicio.
  - *Calidad*: orientada esencialmente hacia la supresión de controles de recepción/subcontratación de recursos (calidad concertada).
  - *Gestión de inventarios*: persecución de la eliminación de inventarios intermedios y la flexibilidad (JIT).
  - *Información*: reducción de plazos y optimización de equipos.

Ahora bien, podemos la definir como la relación entre los individuos o grupos de individuos que reciben o se benefician con un proceso, (Clientes); y aquellos que originan resultados que representan entradas o recursos a dichos procesos, (Proveedores).

En la relación cliente – proveedor el objetivo es que el cliente tenga la certeza de que el bien o servicio que le sea entregado o brindado sea de excelente calidad.

Las empresas más avanzadas en estos modelos están relacionadas con la industria del automóvil, pero éste es un modelo extensible a cualquier sector de actividad: solamente se requiere asumir los principios que inspiran las nuevas reglas del juego en las actuales relaciones cliente-proveedor.

Los proveedores necesitan evaluar rápidamente las necesidades individuales de los clientes para brindarles el servicio de manera eficiente. No se debe brindar a los clientes que regresan un servicio como el que se da en una línea de ensamblaje, asumiendo que ya están listos para escoger un método y no necesitan ayuda.

Se debería brindar atención esmerada a aquellos que tienen problemas o inquietudes. No se debería detener innecesariamente a los clientes pidiéndoles que esperen para recibir un consejo o para escuchar información que no necesitan.

Los clientes que regresan sin problemas deberían recibir el servicio o suministros que vienen a buscar.

Por ejemplo tenemos a Kaoru Ishikawa, para quien el objetivo fundamental de éstas relaciones es el de “mejorar la garantía de calidad y eliminar las insatisfactorias condiciones existentes entre el comprador y el proveedor”, y para lograr este propósito enuncia diez principios:

1. Comprador y proveedor son totalmente responsables por la aplicación del Control de Calidad.

2. Comprador y proveedor deben ser independientes y respetar esa independencia.
3. El comprador debe suministrar información clara y adecuada sobre lo que requiere.
4. El contrato entre las partes debe contemplar: Calidad, Cantidad, Precio, Condiciones de entrega y Forma de pago.
5. El proveedor debe certificar y garantizar una Calidad satisfactoria, respaldada con datos.
6. Las partes deben previamente acordar los métodos de evaluación y ensayo.
7. El contrato debe incluir sistemas y procedimientos para la solución de discrepancias.
8. Las partes deben intercambiar la información necesaria para ejecutar un mejor Control de Calidad.
9. Las partes deben controlar eficientemente las actividades comerciales tales como pedidos, planeación de la producción y de los inventarios, trabajos de oficina, y sistemas, de manera que sus relaciones se mantengan sobre una base amistosa y satisfactoria.
10. Comprador y proveedor deben prestar siempre la debida atención a los intereses del consumidor Distinguimos dos tipos de "cadena":

La cadena cliente/ proveedor externa: es la formada por el conjunto Proveedor-Organización- Cliente. la organización es cliente o proveedor según reciba o suministre producto. La cadena cliente/ proveedor interna: es la formada por las diferentes actividades de la organización. Cada actividad genera un resultado que es el comienzo de la siguiente, y así sucesivamente...

## 1.4 Recolección de datos

En los últimos años, las decisiones empresariales han llegado a depender cada vez más del análisis de grandes conjuntos de datos. Y esto también es válido para el pequeño comerciante que puede necesitar información acerca de las características de los ingresos en el área en que sirve, para el gerente de producción de un departamento que puede determinar cuándo ejercer alguna acción correctiva dentro de su proceso para que no se salga de control, para el analista de investigación de mercados que puede tener que ver con las opiniones expresadas por los compradores, etc. Esta tendencia al empleo de datos cuantiosos se debe en gran parte actualmente al desarrollo de computadoras de alta velocidad y capacidad que han puesto toda su capacidad para el manejo de la información en forma compacta y en poco tiempo de respuesta. También se debe en parte esta tendencia a que se va teniendo cada vez más en cuenta la necesidad de métodos científicos en la administración de las empresas. Naturalmente no siempre se trata de grandes conjuntos de datos; hay casos en que son costosos y difíciles de obtener, pero el problema de darle forma útil a una masa grande de datos es tan importante que merece atención especial.

Cuando se trata de grandes conjuntos de datos, a menudo se puede ganar mucha información y obtener una buena visión global al *agrupar* los datos en clases, los cuales presentan los datos en una forma relativamente compacta, dan una buena visión global y contiene información adecuada para muchos fines. Los datos se agrupan a veces

únicamente para facilitar el cálculo de algunas otras descripciones estadísticas.

Los datos sirven como base para actuar, pero si se parte de datos incorrectos, a pesar de contar con una muestra significativa y de realizar un buen estudio estadístico, las conclusiones estarán alejadas de la realidad y conducirán a juicios y acciones equivocadas.

Es importante que al trabajar con datos, darse respuesta a dos cuestionamientos:

1. ¿Revelan la realidad los datos obtenidos?
2. ¿Los datos recolectados, analizados y comparados revelan la realidad?

La primera pregunta está íntimamente relacionada con los métodos de muestreo y se resuelve con la muestra más adecuada al caso. La segunda pregunta está relacionada con el procedimiento estadístico empleado y se resuelve seleccionando el más representativo.

Los datos son frecuentemente extraños a la realidad porque son incorrectos por falta de preparación de quién los maneja, o porque son “manipulados”. La esencia de los datos radica en que expresen la verdad.

### **Elementos de interés para obtener información**

Los datos son la información que se obtiene acerca del comportamiento del proceso y se desea graficar, con la finalidad de obtener información estadística y poder analizar las tendencias.

Los datos son agrupaciones o conjuntos de cualquier número de observaciones relacionadas entre sí. Una agrupación de datos es conocida como conjunto de datos y una observación individual es un dato puntual.

Dado que los datos proporcionan las bases para los juicios y las acciones, los razones para la recolección de los mismos pueden clasificarse de la siguiente manera; datos para:

- a) El entendimiento de la situación actual.
- b) El análisis de problemas.
- c) El control de procesos (trabajo).
- d) La investigación de operaciones.
- e) El juicio sobre la aceptación o rechazo.

En todos estos casos anteriores, para que los datos puedan ser útiles, las observaciones necesitan estar organizadas, en tal forma que se puedan identificar tendencias y llegar a conclusiones lógicas, por lo cual las razones para organizar los datos son:

1. Se deben seleccionar las observaciones de tal forma, que todos los grupos relevantes estén representados en los datos.
2. Los datos pueden provenir de observaciones actuales o de registros conservados para propósitos normales.

3. Los datos pueden agruparse y ayudamos a detectar las causa, y por lo tanto, los posibles efectos de ciertas características, en situaciones dadas.
4. El conocimiento de las tendencias son experiencias pasadas que pueden ayudamos a estar conscientes de ciertos resultados, y a planear hacia el futuro.
5. Cuando los datos están organizados en una forma compacta y fácil de utilizar, los interesados pueden obtener información digna de confianza y usarla para decisiones inteligentes.
6. Antes de confiar en la interpretación de un conjunto de datos, debemos probarlos previamente, haciendo estas preguntas:
  - a) ¿De dónde provienen los datos? La fuente original es confiable o existe algún interés en suministrar datos puntuales que lleven a una conclusión en lugar de otra.
  - b) ¿Los datos apoyan o contradicen otra evidencia que tenemos?
  - c) ¿La evidencia que falta puede llevamos a obtener una conclusión diferente?
  - d) ¿Cuántas observaciones tenemos? ¿Hemos obtenido conclusiones que no están apoyadas por los datos?

Una manera útil y práctica de presentar los datos es dividirlos en categorías similares o clases y luego ordenarlos según se requiera, con esto podemos obtener las siguientes ventajas:

- a) Rápidamente se pueden apreciar los valores menor y mayor de los datos.
- b) Fácilmente se pueden dividir los datos en secciones.
- c) Se pueden observar valores que aparezcan más de una vez en el arreglo.
- d) Se pueden observar la separación o diferencia entre valores sucesivos de datos.

### Utilización de datos

De acuerdo a la naturaleza de los datos, estos pueden ser usados de diferente manera, para lo cual es necesario clasificarlos en: *variables*, *atributos* e *híbridos*. Es importante distinguir los tipos de datos con la finalidad de seleccionar que tipo de gráficas se van a emplear.

**Datos Variables.-** Son datos obtenidos del proceso los cuales fueron medidos en una escala continua y que pueden ser expresados en unidades básicas de: distancia, masa, tiempo, corriente eléctrica, temperatura, intensidad luminosa, presión, nivel, volumen, etc. U otras resultantes de la combinación de éstas o de cualquier unidad.

**Datos por Atributos.-** Es una propiedad o característica. Al juzgar datos por atributos se verifica si la determinada característica está o no presente, o cual de dos características antagónicas entre sí está presente en lo que se está juzgando. Los datos por atributos se resumen en dos características: Bueno-malo/Pasa-no pasa/Igual al patrón-diferente al patrón.



Los datos por atributos se emplean cuando al medir resulta muy costoso, consume demasiado tiempo o resultaría impráctico obtener datos variables. Existen dos tipos de datos por atributos:

**Defectos:** Son imperfecciones encontradas en el producto como son los poros, ralladuras, manchas, partículas de polvo en pintura, etc. lo característico de los datos por defecto deberán referirse siempre al mismo tipo de defecto, para que la información sea de utilidad. El número de defectos se especifica mediante la letra “C”.

**Defectuosos:** Ello se refiere al número de piezas defectuosas, esto es que el artículo completo es inaceptable, debido a la aparición de uno o más defectos, por ejemplo, una pieza rota, etc. Lo característico en este caso es que no puede existir más defectuosos que piezas, unidades o artículos defectuosos, y se simboliza con “np”.

La tabla 1.3 muestra el comportamiento de los defectos contra los defectuosos y su relación entre ellos en la columna de en medio.

**Datos Híbridos:** Consiste en la estratificación dentro del intervalo formado por las categorías extremas mencionadas en los datos por atributos, lo que proporciona información mucho más objetiva que los datos por atributos acerca del grado de adecuación de una pieza. Un ejemplo de ello son aquellas características cuyo juicio es un tanto subjetivo, puesto que no existe método preciso de medición, lo más adecuado resulta designar personas que califiquen el resultado de acuerdo a una escala o categoría de calificación. Por ejemplo, del 1 al 10. Un ejemplo es la calificación de tersura de una tela, el confort de un asiento, el sabor de una bebida, el aroma de un perfume. Con ello se obtiene información de que tan bien o que tan mal esta una pieza para anticiparse a corregir el proceso y prevenir el fabricar piezas o productos defectuosos.

El empleo de este tipo de datos facilita la aproximación de una distribución usualmente binomial (atributos) a una normal (variables).

Dentro de los propósitos estadísticos dependiendo del tipo de población y sobre una base de muestras existen varios, los cuales se presentan en la figura 1.5.

DEFECTOS		DEFECTUOSOS	
Imperfecciones por unidad	Mide	Rechazos por muestra	
Pueden existir en mayor número que la cantidad de artículos en la muestra.	Su cantidad	No pueden exceder al número de artículos en la muestra.	
Ralladuras en la superficie, poros por pieza fundida, partículas de polvo en la superficie, abolladuras por pieza, etc.	Ejemplos	Piezas rotas, flechas con diámetros diferentes al especificado, circuitos inoperantes, piezas abolladas, etc.	
Algunos aspectos del artículo no son aceptables.	Su aplicación es cuando	El artículo no es aceptable con ese o con esos defectos.	

Tabla 1.3 Defectos contra defectuosos

**Métodos de obtención de datos**

Existen dos métodos generales para la toma de datos estadísticos: por observación directa y por medio de preguntas verbales o escritas. Este último se emplea en la administración, las empresas de investigación de mercados y las de encuestas de opinión pública. En la mayoría de los casos, en control de calidad se emplea el método de observación directa; es decir, que o bien el artículo en cuestión es calificado como bueno o malo, según indicador del instrumento de medida, o bien se le atribuye un valor numérico específico dado por tal instrumento. Al primero se le llama inferencia del atributo y, al segundo, inferencia de variable.

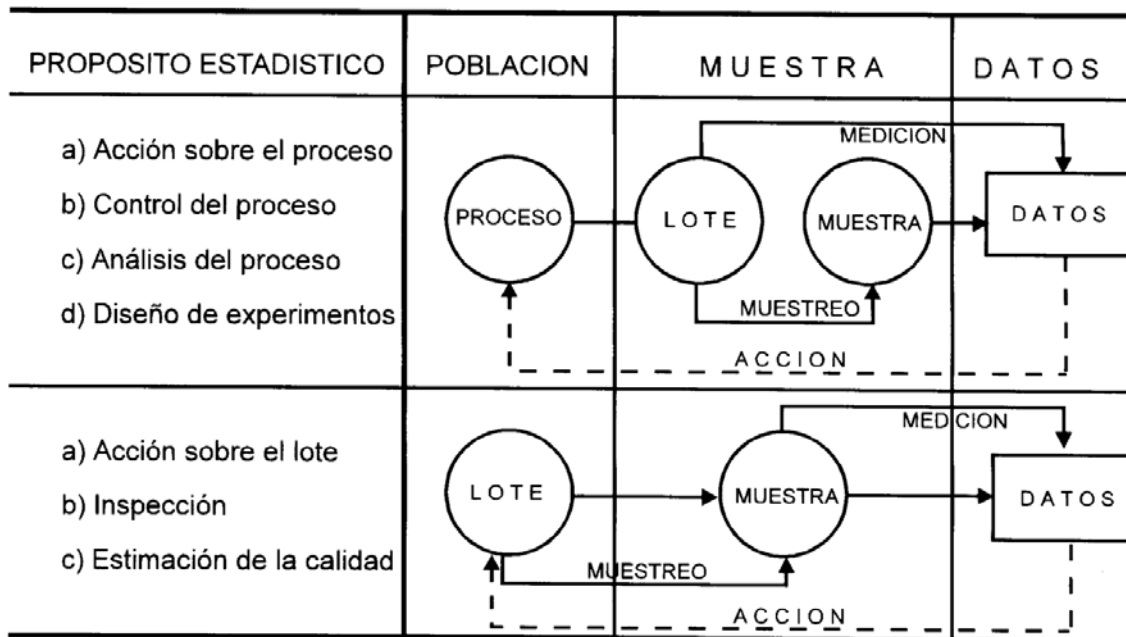


Figura 1.5 Propósitos estadísticos de los datos.

Los datos de control de calidad se obtienen, o mediante observación al 100% (denominada inspección al 100%) o por muestreo. La decisión sobre cuál de estos métodos conviene emplear depende de muchos factores dentro de los cuales el principal es el económico, con mucha frecuencia el método más satisfactorio y económico de recopilación de datos es el muestreo, el cual consiste en examinar en cada una de las unidades la característica especial que se desee medir, registrando los datos resultantes para su presentación, análisis e interpretación.

Existen varios métodos de muestreo, y la elección apropiada dependerá de las circunstancias de cada caso. Los tres métodos que pueden emplearse se denominan: (a) aleatorio, (b) aleatorio estratificado y (c) sistemático.

**Muestreo aleatorio:** En este muestreo todas las unidades que componen el lote tienen la misma probabilidad de ser aceptados, para esto nos podemos servir de la tabla de números aleatorios, por ejemplo: supongamos que un lote de 5,000 unidades de un artículo determinado ha de fabricarse en un período de 10 días. Se desea seleccionar una muestra al azar de 200 unidades de un total de 5,000. ¿Cuál es el procedimiento a seguir?:

Para contestar esta pregunta podemos hacer uso de la tabla de números aleatorios que aparece anteriormente. Supongamos que la primera unidad producida viene representada por el número de cinco cifras 0000, la segunda por 0001, y así sucesivamente, hasta la 5,000. Empezando convencionalmente, por la parte superior izquierda de la tabla, y leyendo de izquierda a derecha (también es posible entrar en cualquier posición de la tabla y leyendo en cualquier dirección, siempre y cuando se siga la misma secuencia), se obtienen los diez primeros números al azar: 760, 609, 591, 2216, 156, 358, 4614, 2795, 3524, 1004. Una vez obtenida la muestra completa de 200 números, se disponen éstos en orden de magnitud. Cada número al azar, más uno, representa la unidad numérica a observar.

Cuando se emplea la tabla de números aleatorios la regla a seguir es no volver a recorrer nunca el camino. Puede y debe entrarse en la tabla por diferentes lugares, y la secuencia de números puede ser horizontal, vertical, en diagonal o en cualquier otra combinación de éstas, siempre que se observe la regla citada. Si aplicamos esta regla y leemos en forma vertical los últimos cuatro dígitos tenemos los siguientes números aleatorios: 2339, 2135, 4399, 1021, 3979, 2212, 1785, 1117, 4103, y 1970 (no olvidar que los números por encima de 5000 no los tomamos en cuenta). Como los números de la tabla se formaron al azar, no puede haber parcialidad en este procedimiento. El efecto neto es asegurar más adecuadamente que cada unidad del lote (población) tenga la misma probabilidad de ser elegida en la muestra.

El falseamiento en el muestreo es la exclusión o inclusión de ciertas unidades en la muestra, de una manera a veces consciente y otras inconsciente. En la práctica es difícil entrenar a aquellos inspectores que han estado acostumbrados inspeccionar al 100% y luego tienen que elegir muestras sin tener en cuenta la calidad. Su tendencia consiste en pretender que las unidades defectuosas estén representadas en la muestra, siendo así inconscientemente parciales, al elegirla. Hay un tipo de falseamiento consciente o intencionado, característico de los dos últimos métodos de muestreo, el aleatorio estratificado y el sistemático.

**Muestreo Aleatorio Estratificado:** Este se utiliza cuando la población ya está dividida en grupos de diferentes tamaños y se desea reconocer este hecho. Se divide la población en grupos relativamente homogéneos (estratos). Se selecciona de cada estrato un número específico de elementos, correspondiente a la proporción del estrato en la población como un todo. Se usa cuando cada grupo tiene pequeñas variaciones entre sí, pero hay una gran variación entre grupos.

Ejemplo: supongamos que en ciertos periodos del día y en determinados días de la semana se obtiene un calidad más baja. ¿No sería prudente asegurarse de que tales periodos estén proporcionalmente representados en la muestra?. Si estos periodos cubren el 10% de la producción debe procurarse que abarquen el 10% de la muestra.

En la siguiente página se muestra la tabla de números aleatorios que podemos utilizar, cabe hacer mención que existen diversas tablas dependiendo de la forma en que se desarrolló.

TABLA DE NUMEROS ALEATORIOS

0,76095	0,06098	0,05931	0,69576	0,22162	0,76324	0,01566	0,03587	0,46141
0,65188	0,27952	0,35240	0,10040	0,26631	0,64590	0,55305	0,67864	0,18382
0,52339	0,44299	0,84135	0,11029	0,34004	0,77393	0,01160	0,10215	0,42236
0,22135	0,10581	0,33556	0,76861	0,75895	0,82288	0,68952	0,01225	0,48103
0,44399	0,62137	0,67721	0,04638	0,69701	0,57587	0,80464	0,61206	0,25263
0,29296	0,33392	0,59388	0,67942	0,84027	0,48341	0,80009	0,93519	0,66636
0,51021	0,95394	0,87688	0,09688	0,67213	0,24017	0,88060	0,53797	0,62880
0,63979	0,55145	0,01048	0,10753	0,22196	0,04150	0,76372	0,68747	0,82914
0,16617	0,14471	0,42917	0,06667	0,93045	0,20754	0,46111	0,78688	0,18488
0,95341	0,67850	0,76000	0,19955	0,00159	0,85363	0,73924	0,31920	0,08490
0,02212	0,49305	0,49171	0,25298	0,68698	0,05516	0,92757	0,90693	0,19502
0,45736	0,91809	0,81854	0,06875	0,45032	0,84493	0,30422	0,93576	0,32685
0,19834	0,06696	0,83082	0,64834	0,54971	0,96017	0,06640	0,32642	0,95554
0,61785	0,14946	0,08211	0,62357	0,32587	0,57131	0,04335	0,91500	0,45978
0,68421	0,87397	0,46079	0,63083	0,56960	0,26632	0,77016	0,00040	0,18337
0,11117	0,96509	0,37261	0,65557	0,60081	0,76801	0,88394	0,33812	0,91642
0,39474	0,98529	0,72455	0,03379	0,02057	0,24067	0,80408	0,09252	0,89140
0,64103	0,76754	0,23508	0,92334	0,37310	0,41936	0,75184	0,05739	0,81877
0,31970	0,94608	0,70657	0,46592	0,97002	0,75398	0,04110	0,86490	0,39344
0,17322	0,40426	0,45254	0,65295	0,79192	0,67828	0,60919	0,07401	0,09293
0,89758	0,38144	0,30978	0,60374	0,50679	0,40185	0,81162	0,13066	0,37622
0,10363	0,98183	0,78995	0,32977	0,85551	0,22006	0,39692	0,33917	0,21388
0,76525	0,71105	0,47355	0,97467	0,44450	0,62393	0,79450	0,96574	0,72324
0,16011	0,67544	0,68749	0,03068	0,52130	0,90387	0,09987	0,98831	0,44073
0,57258	0,54990	0,82290	0,89699	0,51897	0,98733	0,73655	0,83308	0,90443
0,12620	0,66654	0,30243	0,33138	0,65641	0,77221	0,05376	0,22892	0,47971
0,47886	0,13819	0,34904	0,14303	0,86047	0,93141	0,62298	0,51033	0,18148
0,54290	0,04721	0,82242	0,23469	0,09480	0,27288	0,19886	0,22000	0,82328

En el ejemplo descrito supongamos que se producen 125 unidades por hora.

En el ejemplo descrito supongamos que se producen 125 unidades por hora.

En el ejemplo descrito supongamos que se producen 125 unidades por hora.

$$\left( \frac{5,000 \text{ unidades}}{8 \text{ horas}} \right) = 62.5$$

Así el lote se estratifica, para el muestreo, en grupos de 62 unidades cada uno; usos seis se eligen al azar (empleando la tabla de números aleatorios) de cada producción por hora. Esta es una muestra intencionalmente parcial porque no todas las unidades tienen la misma probabilidad de ser seleccionadas; es decir cuando se selecciona la primera hora, todas las otras unidades que no corresponden a esta hora quedan excluidas de la oportunidad de ser seleccionadas. Sin embargo, éste es un buen procedimiento, porque intuitivamente se ve que con el muestreo estratificado se obtiene una muestra más representativa y, por lo tanto, más confiable. La mayor parte de las muestras tomadas con aplicación del método estadístico, están estratificadas más o menos cuidadosamente.

**Muestreo Sistemático:** Para este tipo de muestreo los elementos se seleccionan de la población a un intervalo uniforme que es medido en tiempo, orden o espacio.

Este método puede ser aleatorio o puro. El tipo puro se obtiene, simplemente, realizando el muestreo a una frecuencia dada, sin buscar el azar. Por ejemplo, si la deseada relación de muestreo se determina que sea de 1/20, cada vigésima unidad se selecciona como muestra. Puede lograrse un grado de azar aleatorizando los puntos iniciales de períodos sucesivos de producción. Así, en el primer día, se seleccionarán las unidades 5, 25, 45, 65, etc.; el segundo día, las unidades 11, 31, 51, 61, etc., con los siguientes períodos de producción “aleatorizados” de la misma manera. Naturalmente si el proceso es inherentemente aleatorio no es necesario aplicar el procedimiento descrito; tal es el caso de muchas situaciones de producción automatizada. La casualidad es siempre introducida por los humanos, rara vez por las máquinas. En el muestreo sistemático puro es teóricamente posible que el muestreo esté en fase con un ciclo particular del proceso de producción. La aleatorización de los puntos iniciales evita dicha circunstancia.

## 1.5 Herramientas Administrativas

Los problemas de calidad de tipo estratégico, requiere del uso de lo que se ha dado llamar “herramientas Administrativas de la Calidad”, las cuales en términos generales son de tipo cualitativo.

Estas herramientas administrativas fueron diseñadas por los japoneses mediante la incorporación de otras técnicas que ya eran ampliamente utilizadas dentro del área de planeación estratégica, y según los japoneses son el medio necesario para enfrentar la nueva era de la calidad.

Esta era tiene dos requisitos:

- 1) La creación de valor agregado para la satisfacción de las necesidades de los clientes.
- 2) La prevención en lugar de la corrección en todas las operaciones de la organización.

Las siete nuevas herramientas administrativas complementan a las básicas en el cumplimiento de estos dos requisitos. Las 7 nuevas herramientas administrativas son:

- 1) Diagrama de afinidad (método KJ).
- 2) Diagrama de relaciones.
- 3) Diagrama de árbol.
- 4) Diagrama matricial.
- 5) Diagrama de flujo
- 6) Tormenta de ideas.
- 7) ¿Por qué? - ¿Por qué?
- 8) ¿Cómo? - ¿Cómo?
- 9) 5W una H

Algunas otras herramientas administrativas también utilizadas para el proceso de mejorar la calidad se encuentran (y que también se explicarán en este libro)

- Diagrama de flechas.
- Matriz de análisis de datos.
- Gráfica de programación de decisiones de proceso.

Estas nuevas herramientas han probado ser útiles para los directivos, no importa de qué nivel, de muchas compañías. No obstante, donde mejor han funcionado es entre directivos medios y altos y parece ser que el motivo es que estas herramientas no sustituyen a las herramientas clásicas, sino que las complementan cubriendo un vacío dejado por éstas. Desde el punto de vista de estos directivos.

La realidad es que en cualquier programa de mejora es necesario el esfuerzo de todos, por lo que es lógico seleccionar las herramientas más idóneas relacionadas con el problema a solucionar y a las personas que deben intentarlo.

A continuación veremos cómo se deben aplicar estas herramientas, las cuales se pueden utilizar en forma individual cada una.

### **1.5.1 Diagrama de Afinidad**

El diagrama de afinidad (DA) es una herramienta básica del conjunto de las 7 nuevas herramientas. También es conocida con el nombre de "Método KJ" (Kawakita Jiro es la persona que lo desarrolló). Esta herramienta se utiliza para conseguir gran cantidad de datos en forma de ideas, opiniones, temas, aspectos a considerar y organizarlos en grupo en base a criterios afines de relación natural entre cada elemento.

En muchas ocasiones, el mayor obstáculo que es necesario vencer en la fase de planificación de cualquier programa de mejora, radica en el resultado obtenido en el pasado con otros programas similares. Generalmente se supone que aquello que tuvo éxito en el pasado, también lo tendrá en el futuro y que lo que no tuvo éxito en el pasado, tampoco lo tendrá en el futuro. Por lo tanto se suelen perpetuar prejuicios por lo general no adecuados, que son un obstáculo a la creatividad. Para abordar con una mínima esperanza de éxito un programa de mejora continua, es necesario dejar a un lado estos prejuicios.

El DA es una herramienta muy útil a la hora de lograr que un grupo de personas trate un tema determinado, no de forma lógica e intelectual, sino de forma creativa. Dada la dificultad existente en el tratamiento de las ideas, también es útil ante la necesidad de organizar eficazmente el resultado obtenido, en lo que respecta a datos, con este esquema creativo.

Es necesario tener en cuenta que la eficacia de la herramienta es directamente proporcional al número de ideas o temas obtenidos. En una sesión de media hora se pueden obtener más de 50 ideas, número muy superior por lo general al obtenido en una reunión de trabajo normal.

Igual que sucede con la herramienta Tormenta de Ideas (herramienta perteneciente a las siete herramientas clásicas), no solamente es necesario tener en cuenta esta ventaja en lo que a eficacia se refiere. Existe otra ventaja fundamental relacionada con la participación de las personas en la actividad del grupo. En una reunión clásica, muchas ideas se pierden en el "calor" de la discusión, no siendo nunca consideradas. Sin embargo, todos los participantes en un DA, al descubrir una vía de aplicación de sus ideas en la solución del problema o el proceso en cuestión, sienten que tienen un papel en este proceso, que son "co-responsables" de las decisiones tomadas y su participación será mucho más activa.

Como resumen, el objetivo del DA es analizar gran cantidad de datos en forma de ideas e identificar las ideas claves inherentes a los datos. En otras palabras, diríamos que el DA permitirá al equipo "reducir" una gran cantidad de datos en un conjunto manejable de ideas clave.

Con respecto a la utilización del DA, ésta es una herramienta útil en una gran cantidad de aplicaciones, no obstante, su mayor utilidad es ante situaciones en las que:

- a) Los hechos o conceptos no se encuentren claramente delimitados, sean complejos o excesivamente amplios. El DA permitirá representar un "mapa" de estos hechos o conceptos.
- b) Debido a la gran cantidad de incidencias detectadas, éstas impidan determinar con claridad las causas concretas de la situación.
- c) Sea conveniente utilizar un nuevo enfoque, tanto en la actuación como en el análisis de un tema. El DA permitirá al grupo romper con los conceptos tradicionales, ampliando su campo de pensamiento.
- d) No se conozcan de forma clara los pasos a dar para salir de una determinada situación, siendo necesario una ayuda para poner en marcha con éxito una solución.
- e) Sea necesario el consenso de un grupo para abordar una actuación.

En aquellos casos en que no se recomienda la utilización de esta herramienta:

- a) El problema a abordar es sencillo.
- b) Es necesario disponer de la solución rápidamente.

## **Construcción de diagrama de afinidad (DA)**

### **1. Formar al equipo correcto**

En primer lugar es necesario formar un equipo. Es necesario planificar cuidadosamente quiénes lo formarán. Como hemos dicho antes, los datos en forma de ideas, temas, aspectos a considerar, etc, por lo general provienen de experiencias colectivas, opiniones y pensamientos creativos de un grupo de personas trabajando hacia un objetivo o con un propósito común. Uno de los pasos más importantes para lograr el éxito en cualquier proyecto es conseguir reunir a las personas correctas que deben recoger las ideas y la información. Este equipo deberá estar formado por aquellas personas que dispongan del conocimiento necesario para tratar las distintas dimensiones del problema o tema en cuestión. Aunque por supuesto no es una condición necesaria a priori, como en cualquier actividad desarrollada en equipo, la construcción de un DA aumenta en eficacia si los miembros del equipo ya están acostumbrados a trabajar juntos en otros temas. Por lo general, los equipos están formados de cinco a diez personas.

Igual que en cualquier herramienta en la que sea necesario el trabajo en grupo, es de gran utilidad la figura del facilitador. Su misión radica en velar por que los miembros del grupo se mantengan en las mejores condiciones de participación, evitando la presión del tiempo o de cualquier otro factor externo que acote su creatividad. Además debe potenciar la discusión positiva que ayude a que sean presentadas todas las ideas potenciales de los miembros del grupo, evitando por otra parte discusiones negativas que bloqueen al grupo e impidan el intercambio de ideas.

### **2. Realizar un proceso de tormenta de ideas respecto el tema en cuestión**

Es el paso inicial de recolección de datos, es necesario tener en atenta dos pasos intermedios. El primero es determinar cuál es la pregunta a hacer. Esta pregunta debe tener una estructura tal que permita recoger ideas positivas sobre el tema tratado, así como ser lo suficientemente vaga o imprecisa para evitar que al contestarla .se caiga en pre-juicios y se obtengan respuestas más relacionadas con lo que se estaba haciendo que con lo que se desea hacer. En ocasiones, los excesivos detalles pueden perjudicar a la respuesta.

Por ejemplo, en una empresa de fabricación de automóviles, el departamento de Organización y Recursos Humanos desea mejorar su actuación y para ello realiza una sesión de tormenta de ideas con los jefes de los otros departamentos y con los representantes sindicales. El tema a tratar está recogido en la siguiente afirmación:

“El Departamento de Personal de esta empresa desea ser la organización más responsable de toda la empresa”



La pregunta a plantear en el proceso de Tormenta de Ideas fue: "¿Qué debemos hacer para que esta afirmación sea realidad para Vd.? Por supuesto no se preguntó: ¿Qué hemos estado haciendo mal hasta ahora?. No cabe duda que las respuestas a la segunda pregunta serían útiles a la hora de resolver ciertos problemas, no obstante, la primera pregunta obtendrá más respuestas y además éstas serán más útiles. Esta definición servirá de marco de referencia que evite desviaciones cuando surjan dudas o desavenencias.

El segundo paso es la realización propiamente dicha de la sesión de tormenta de ideas. Deberá hacerse mediante un procedimiento acordado con antelación, existiendo muchas formas de hacerlo. (En el texto correspondiente a Calidad Total y sus Técnicas y Herramientas de Resolución de Problemas .se encuentra recogido uno de estos procedimientos).

No siempre .se utiliza un proceso de Tormenta de Ideas para recoger los datos. Cuando las ideas provienen de un conjunto de personas cuyo número no es manejable en un proceso de este tipo, el DA se utiliza para organizar datos obtenidos con mecanismos distintas a este proceso. En estos casos los datos se suelen obtener de encuestas.

Para facilitar el proceso de entendimiento de la construcción de un DA, utilizaremos un ejemplo que ilustre cada paso. El ejemplo está relacionado con la necesidad de un directivo de un departamento de calidad que necesita desarrollar las características personales y de actitud necesarias para liderar el trabajo en equipo de sus colaboradores en un programa de mejora de la calidad.

Para ello, reúne a sus colaboradores y realizan un proceso de Tormenta de Ideas en el que el lema central era: ¿Qué necesito hacer para ser un líder eficaz de este equipo?.

Siguiendo el proceso expuesto en este apartado, las respuestas obtenidas fueron las siguientes:

- Ser capaz de formar a oíros.
- Tener el pensamiento enfocado a los procesos.
- Conocer los métodos de trabajo en equipo.
- Capacidad de organización de equipos multifuncionales.
- Implantar el CEP.
- Reducir variabilidad de los procesos.
- Ser capaz de identificar a los propietarios de las procesos.
- Integrar el análisis estadístico en el sistema de gestión.
- Capaz de comunicar eficazmente con personas no estadísticas.
- Ser capaz de comunicar.
- Capaz de vencer la resistencia al cambio.
- Capaz de alcanzar el consenso del equipo.
- Utilizar las habilidades de un facilitador.
- Vender a la dirección las ventajas del trabajo en equipo.
- Hacer un mejor uso de la estadística.

### 3. Registrar las ideas

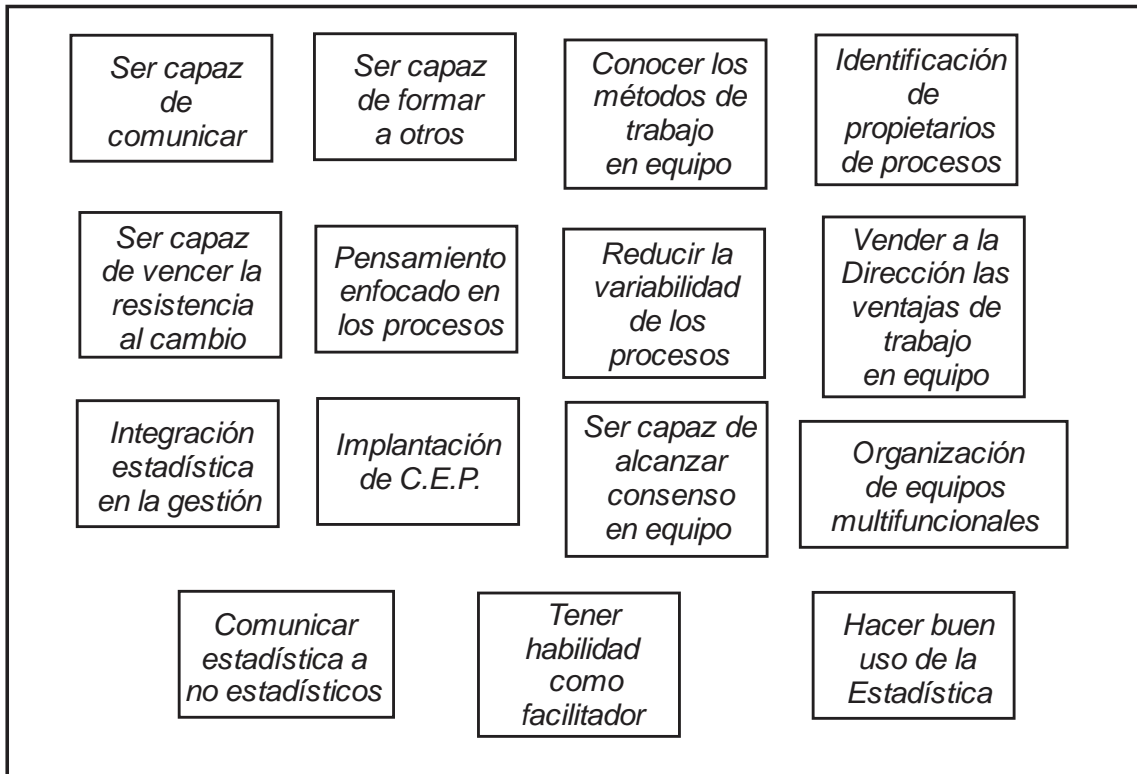
Las ideas que durante el proceso de tormenta de ideas se hubieran registrado en una pizarra o flip-chart se transcribirán a tarjetas. (Cuando se prevea que el resultado de una tormenta de ideas se va a analizar utilizando un DA se suele solicitar que las participantes registren directamente sus ideas en tales tarjetas). Se debe hacer hincapié en que las ideas deben transcribirse tal y como se han establecido dado que el objetivo es "capturar la esencia del pensamiento".

El siguiente paso es ponerse de acuerdo dentro del grupo en el contenido de las tarjetas. Para ello, el facilitador se asegurará que el conjunto de participantes comprende de la misma manera la idea que se encuentra escrita en todas y cada uno de las tarjetas. En esta fase, los miembros del grupo pueden solicitar aclaraciones respecto del sentido de la frase registrada, siendo necesario en ocasiones complementar algunas tarjetas con explicaciones. El facilitador debe evitar influenciar al grupo, poniendo especial cuidado en que cada miembro exprese su propio pensamiento. También debe evitar alcanzar consensos prematuros o artificiales, aunque se le permite hacer propuestas que le ayuden a ello.

Una vez que se ha logrado el acuerdo entre todos los miembros, el facilitador o un miembro del equipo recoge las tarjetas, las mezcla y las reparte de forma aleatoria sobre una superficie lo suficientemente grande, como puede ser una mesa de reuniones. La experiencia dice que cuando esta superficie es vertical (no valdría una mesa), se facilita la labor de análisis. En este caso, en lugar de tarjetas de cartulina se utilizarán tarjetas tipo post-it, que se adhieran a la superficie vertical evitando su caída, pero que permitan ser movidas y re-ubicadas con facilidad, tal y como aparece en la figura 1.6.

### 4. Agrupar las tarjetas

Las tarjetas son agrupadas en grupos relacionados, bien por el equipo completo o bien por el facilitador siguiendo las instrucciones de los miembros del equipo. Para ello se puede seguir el siguiente esquema:



*Figura 1.6 Disposición aleatoria de la tarjetas.*

Localizar dos tarjetas que se encuentren relacionadas entre ellas y posicionarlas una junto a la otra. Buscar en el conjunto total de tarjetas otras que estén relacionadas con estas dos.

Repetir el proceso anterior hasta que la mayor parte de las tarjetas se encuentren agrupadas. Por lo general no deberían formarse más de diez agrupaciones. No obstante, no debe forzarse a que una tarjeta forme parte de una agrupación a la que realmente no pertenece, tanto para evitar un número grande de agrupaciones como para agilizar el proceso y terminar. Sitúelas a un lado, es posible que estas tarjetas formen a posteriori su propia agrupación o puede que se queden solas sin encontrar ninguna agrupación a la que pertenezcan, tal y como aparece en la figura 1.7.

La construcción de un DA es un proceso reactivo y por lo tanto no se trata de un proceso contemplativo. Es necesario animar a los miembros del equipo a trabajar con rapidez y con energía. Es importantísimo que este proceso se realice en silencio. El silencio anima el proceso de pensamiento múltiple evitando que las miembros del equipo, en este punto, se vean atrapados en batallas semánticas. En caso de que dos participantes entren en una dinámica de mover una tarjeta (o grupo de tarjetas) de una agrupación a otra y de nuevo a la primera, el facilitador debe copiar esas tarjeta/s y situarlas a ambos grupos. Recuerde, es necesario el silencio.

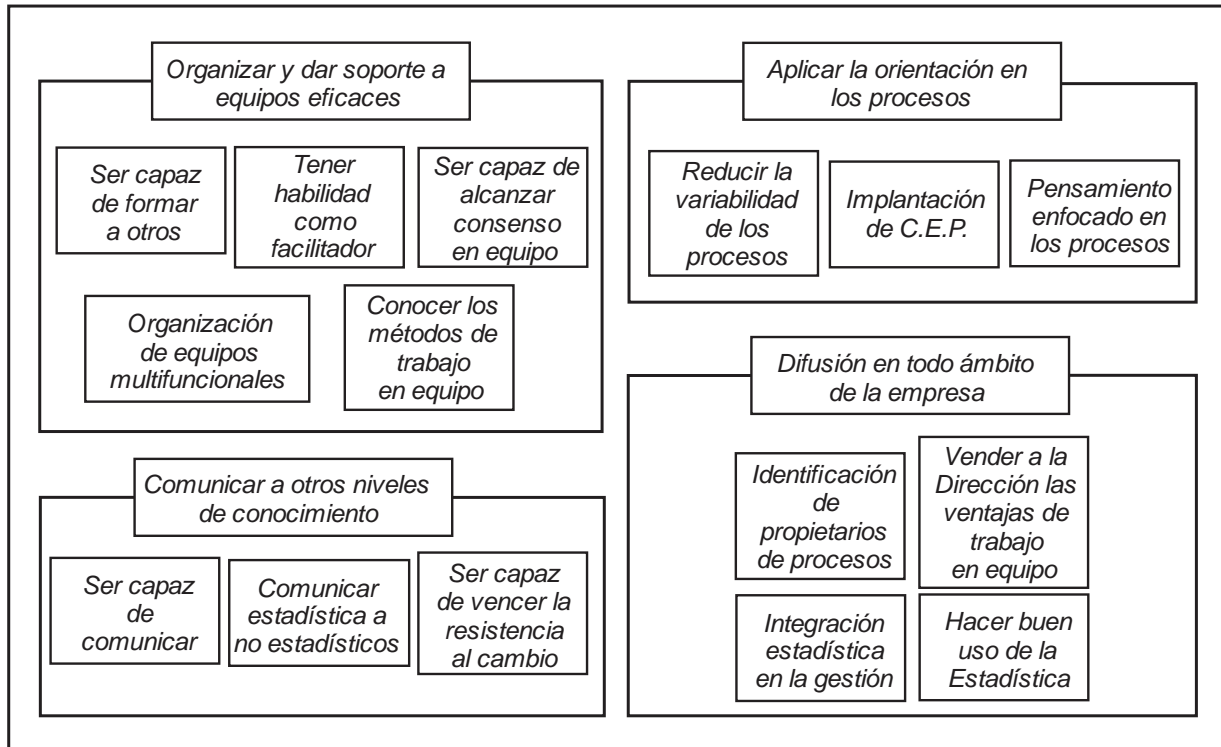


Figura 1.7 Ordenación de las tarjetas, agrupación y tarjetas cabecera.

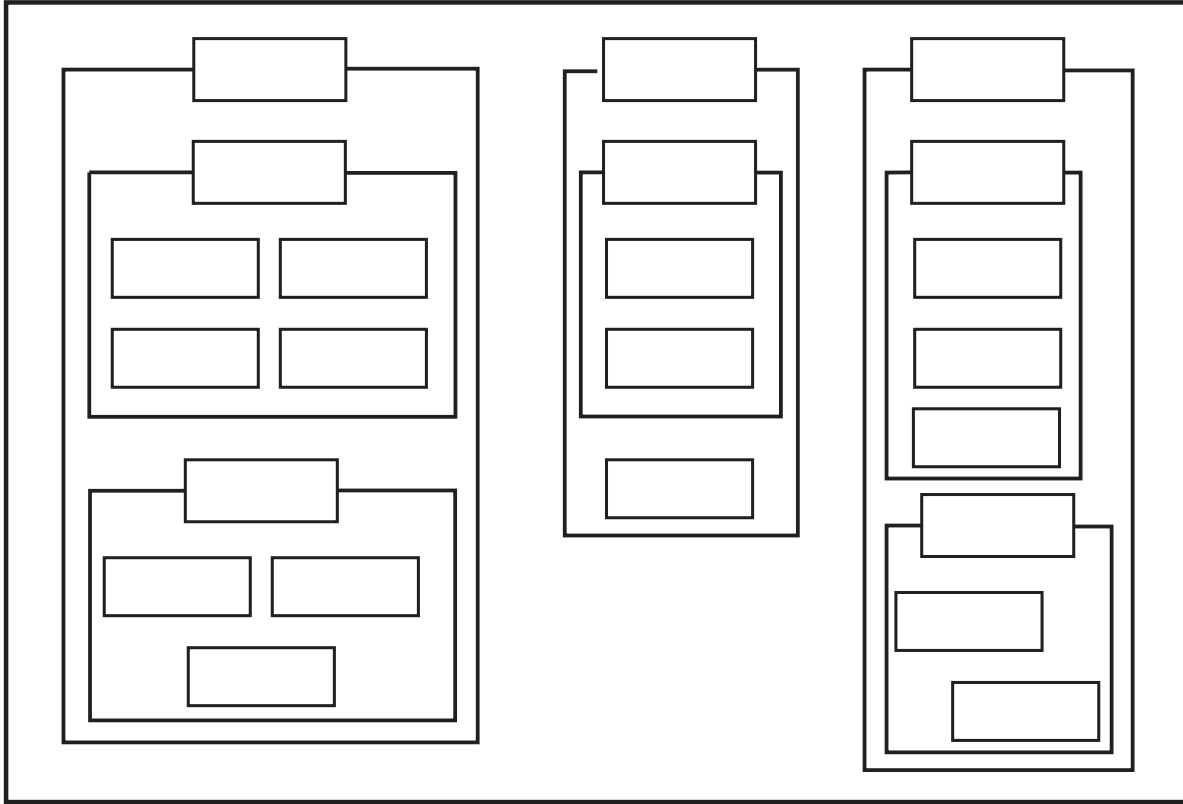
## 5. Crear tarjetas cabecera

En esta actividad no se requiere el silencio. Las tarjetas cabecera de cada agrupación se caracterizan por dos elementos muy importantes. En primer lugar, debe identificar de forma clara el "hilo" común que une a las ideas que cuelgan de él. En segundo lugar debe ser capaz de recoger el "sentir" de los comentarios del grupo. Por ejemplo, si la agrupación es esencialmente positiva o negativa en su tono, la tarjeta cabecera debe ser capaz de reflejar este tono, tal y como se puede apreciar en la figura 1.8.

Es necesario discutir cada agrupación y buscar una tarjeta que capture la idea central que mantiene juntas a las tarjetas de la agrupación, Esta tarjeta, si existe, será la cabecera de la agrupación.

En caso de que no exista tal tarjeta se escribirá una, de forma simple y concisa y con el consenso del grupo, que haga tal función. Este proceso se repetirá hasta que todas las agrupaciones dispongan de su tarjeta.

Si existe un grupo con una gran cantidad de tarjetas es posible analizar la posibilidad de existencia de subgrupos, con las subcabeceras, adecuadas dentro del grupo.



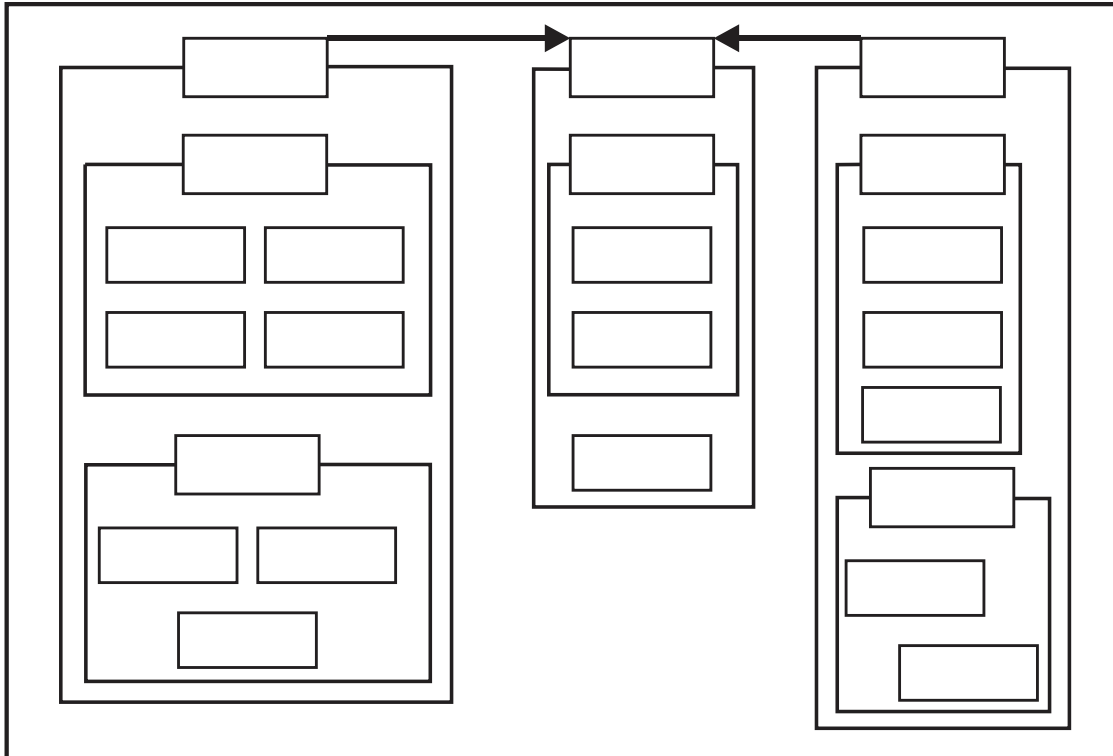
*Figura 1.8 Reagrupamiento de segundo nivel.*

## 6. Transcribir el Diagrama de Afinidad

Una vez obtenido el DA, el equipo debe revisar todos los pasos dados y el resultado global. Suele ser conveniente establecer un periodo de discusión de estos resultados, estando abierto el equipo a la posibilidad de que sean necesario modificaciones, como se puede apreciar en la figura 1.9.

Cuando se haya alcanzado el consenso en el DA final, se transfiere la información de las tarjetas a soporte papel, rodeando cada agrupación (y subagrupación en caso de que existan) mediante una línea para facilitar la visión de conjunto.

Aunque el establecimiento de relaciones entre los grupos de ideas y la determinación de su importancia relativa es objeto de otras herramientas, en ocasiones y con ánimo de simplificar, se representan estas relaciones en el propio DA. Para ello suele ser necesario modificar la colocación de las distintas agrupaciones desde el punto de vista de cadena causal. Esta colocación definitiva será la que proporcione una mejor representación de la estructura del problema para los miembros del equipo.



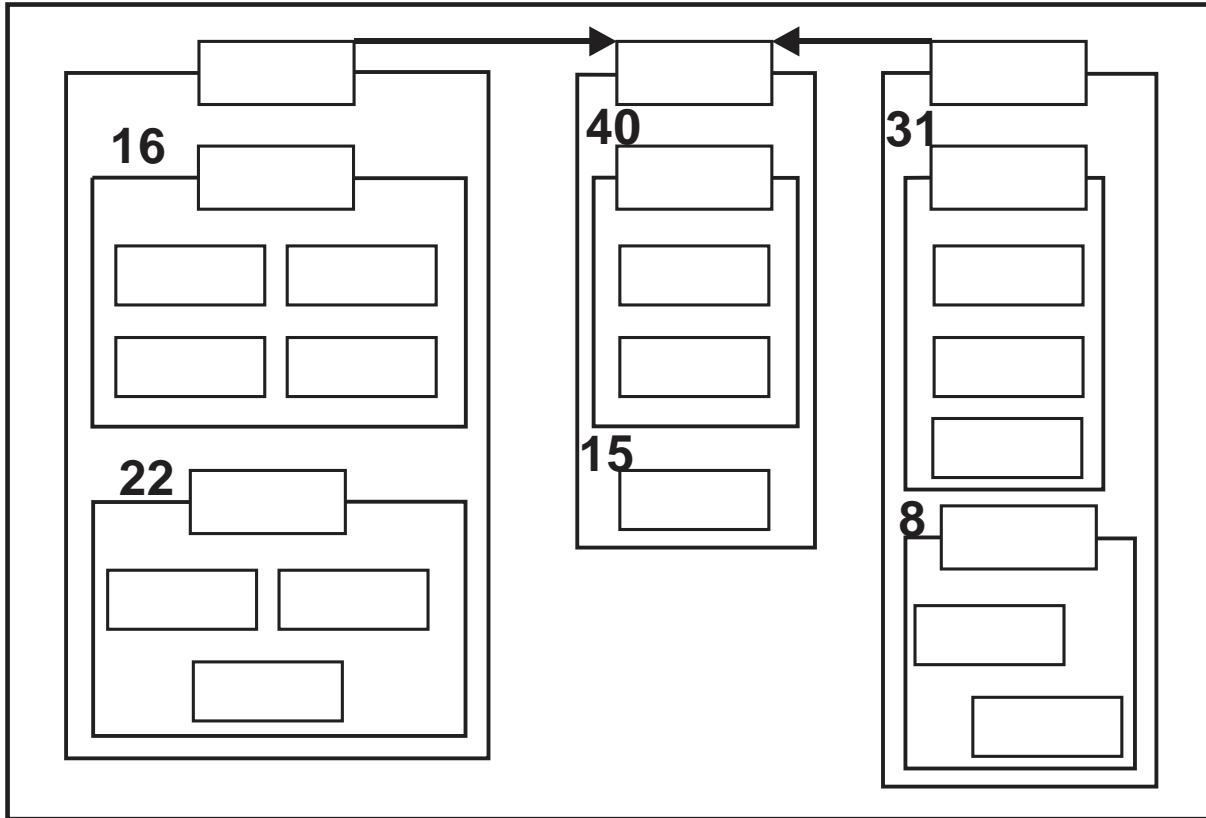
*Figura 1.9 Relaciones lógicas entre las agrupaciones.*

A continuación se representan mediante flechas las relaciones lógicas existentes entre los distintos grupos. Con objeto de prevenir errores en el trazado de las flechas, suele ser conveniente trazarlas sobre una tarjeta autoadhesiva, y únicamente se trazarán sobre el diagrama definitivo cuando se haya alcanzado el consenso sobre ellas, tal y como aparece en la figura 1.10..

El último paso sería establecer una valoración de los distintos elementos del problema. Para ello, los participantes darían una puntuación con el siguiente criterio:

- 1) El elemento es poco importante.
- 2) El elemento es importante aunque no es crítica.
- 3) El elemento es de una importancia crítica.

Estas puntuaciones, que se realizan conjuntamente entre todos los participantes, sólo se asignan a las agrupaciones de primer nivel o a las ideas solitarias. El valor total obtenido por cada grupo de ideas (o idea solitaria) proporciona un medio de reconocer el orden de importancia que asigna el equipo a éstas.



*Figura 1.10 Agrupaciones de primer/segundo nivel, relaciones lógicas y puntuaciones.*

Un DA es una herramienta poderosa (para consolidar muchas ideas, en unas pocas ideas clave. Sin embargo no indica cuándo ni cómo tomar acción sobre las ideas o cuáles de éstas son las más importantes. Para ello utilizaremos otras herramientas.

Se podrían resumir las ventajas y limitaciones de esta herramienta.

Ventajas:

- Es una forma eficaz de analizar grandes cantidades de datos de tipo ideas.
- Permite que aflore a la superficie estructuras que permanecen latentes en los datos.
- Ayuda a equipos de trabajo a alcanzar consenso.
- Ayuda a los equipos de trabajo a ser creativos ante un problema o cualquier .situación.
- Evita la “creación” de ganadores y perdedores.
- Consigue que las personas trabajen a un nivel creativo en lugar de un nivel lógico e intelectual

Desventajas

- El resultado es tan bueno solamente como son las ideas generales.
- Ni el diagrama de afinidad ni el proceso de construirlo determinan la forma de tomar prioridades.

- El diagrama no indica como tomar acción.

El diagrama completo es por lo general difícil de explicar a las personas que no están involucradas en el proceso

Este proceso no es apropiado para problemas sencillos o en los que existen pocas ideas.

## 1.5.2 Diagrama de Relaciones

El Diagrama de Relaciones es una representación gráfica de las posibles relaciones cualitativas causa-efecto entre diversos factores y un fenómeno determinado y de dichos factores entre sí.

A continuación se comentan una serie de características que ayudan a comprender la naturaleza de la herramienta.

*Creatividad:* El método seguido para su construcción permite expresar opiniones libremente y fomenta el desarrollo de ideas nuevas.

*Impacto visual:* Presenta problemas o situaciones complejas de forma clara, concisa y ordenada, facilitando una visión global del conjunto de elementos implicados y sus interrelaciones.

*Facilita el consenso:* El carácter participativo e iterativo del proceso de construcción ayuda a la eliminación de prejuicios y a la obtención de consenso.

Esta herramienta es, básicamente, una técnica de grupo para el análisis de problemas o situaciones complejas.

Para su uso en grupo es necesaria la existencia de un coordinador que se responsabilice de la metodología de construcción e interpretación.

Su utilización de forma individualizada reduce su potencial y eficacia, por lo que se recomienda recurrir a expertos en el tema que presten su colaboración en el proceso.

En la figura 1.11 se muestran los pasos para la construcción del diagrama de relaciones.



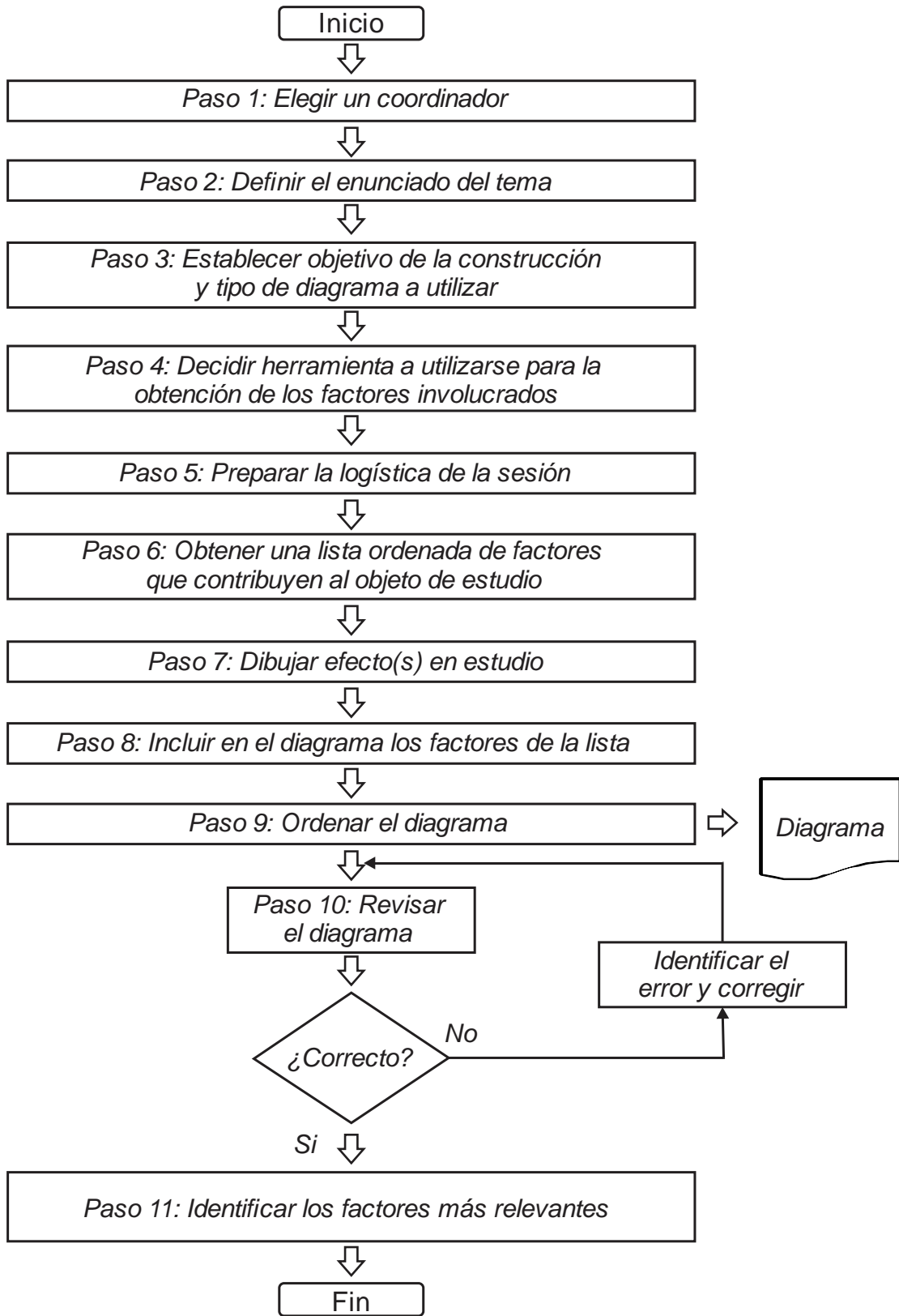


Figura 1.11 Diagrama de flujo del diagrama de relaciones.

A continuación describiré cada uno de los pasos:

### **Paso 1. Elegir un coordinar**

Su misión es velar por el cumplimiento de la metodología y por el correcto desarrollo de las sesiones de trabajo.

### **Paso 2. Definir el enunciado del tema objeto de análisis**

Definir el enunciado del tema objeto de análisis consiste en especificar de forma clara y sencilla el objetivo u objetivos que se persiguen, el efecto o efectos que deben ser analizados, etc.

El enunciado del tema a tratar se definirá con anterioridad a la realización de la sesión de trabajo especificando lo que incluye y lo que excluye. Esto permite la preparación de la misma por los componentes del grupo.

El enunciado debe ser:

*Específico:* Para que no sea interpretado de forma diferente por los componentes del grupo de trabajo y para que las aportaciones se concentren sobre el verdadero tema a analizar.

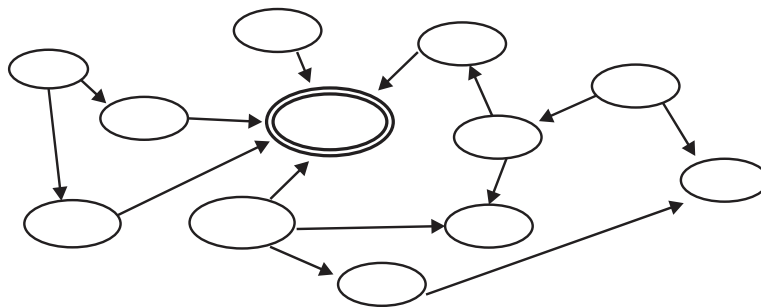
*No sesgado:* Para no excluir posibles líneas de análisis sobre el tema.

### **Paso 3: Establecer el objetivo de la construcción del Diagrama de Relaciones y el tipo de diagrama a utilizar**

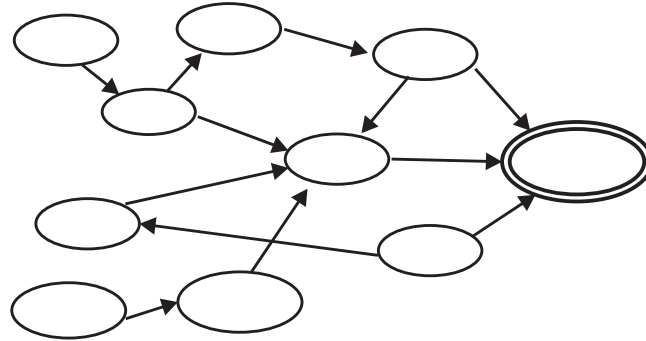
En primer lugar, se establecerá claramente la información que se desea obtener con la construcción del Diagrama de Relaciones.

En segundo lugar, se elegirá el tipo de diagrama más idóneo, en función del objetivo de su construcción y de las características del tema a analizar:

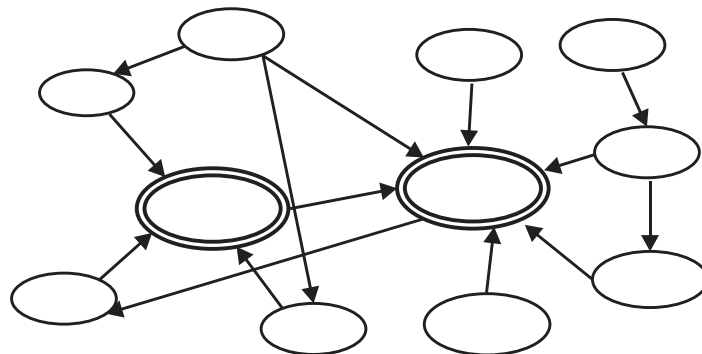
a) Diagrama de Relaciones convergente en el centro.- Esta ordenación gráfica es conveniente cuando se tiene un efecto principal en el cual se centra la atención. Ejemplo:



b) Diagrama de Relaciones direccional.- Este enfoque es conveniente cuando los factores involucrados en el diagrama, se pueden ordenar de forma que: la mayoría de sus interrelaciones presentan una sucesión temporal o lógica hacia un objetivo final o efecto principal, por ejemplo:



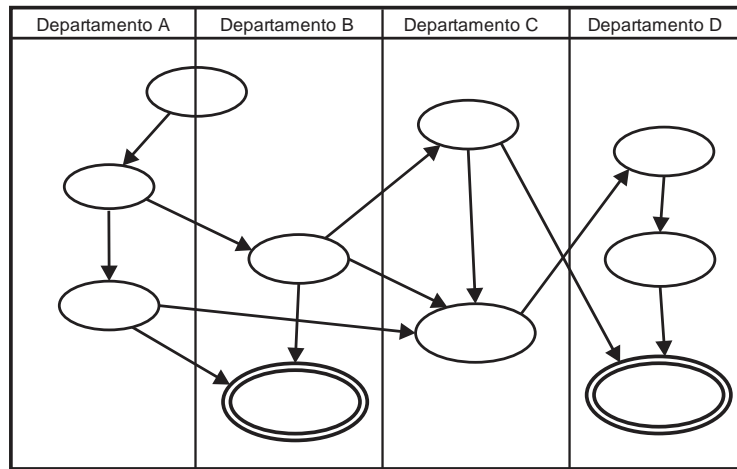
c) Diagrama de Relaciones enfocado a las interrelaciones.- Esta forma no presenta ninguna restricción formal. Su única regla es disponer los factores interrelacionados de forma que el diagrama resulte claro y armónico. Su utilización está especialmente indicada cuando el problema o la situación representada consta de varios efectos u objetivos principales y de igual importancia, por ejemplo:



d) Diagrama de relaciones estructurado.- En este enfoque se acoplan los factores del diagrama según una estructura que obedece a criterios relevantes para la construcción o utilización del mismo. Dentro de los criterios más utilizados son:

- Según áreas de responsabilidad.
- Por departamentos.
- Siguiendo las fases de un proceso.
- Según una secuencia temporal, etc.

Este enfoque también es idóneo para representar problemas o situaciones en las que existen varios efectos u objetivos de similar nivel de importancia, por ejemplo:



#### **Paso 4: Decidir la herramienta a utilizar para la obtención de los factores que deberán ser representados en el diagrama**

Atendiendo a las características y particularidades del grupo de trabajo y a las del problema o situación analizada se elige el enfoque metodológico a utilizar:

- La Tormenta de Ideas.
- Proceso lógico de discusión paso a paso.

En el caso de utilizar la Tormenta de Ideas, su resultado (lista de ideas) será la fuente primaria a utilizar en los siguientes pasos de construcción del diagrama.

En el caso de utilizar un proceso lógico la fuente primaria serán los propios componentes del grupo, aportando sus ideas según se va construyendo el diagrama.

#### **Paso 5: Preparar la logística de la sesión**

Preparar con anterioridad a la sesión, superficies y material de escritura idóneos. Esto tiene las siguientes ventajas:

- Permite escribir todas las ideas aportadas de forma que sean claramente visibles a lo largo de la sesión.
- Ayuda a mantener un ritmo constante a lo largo de la sesión.
- Favorece el trabajo de construcción del diagrama.
- Permite la correcta realización de la Tormenta de Ideas (en caso necesario).

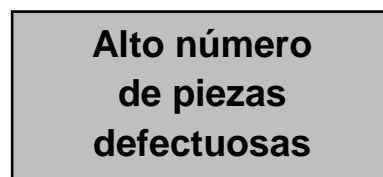
#### **Paso 6: Obtención de una lista ordenada de factores que contribuyen al objetivo o fenómeno en estudio**

Mediante la utilización de la Tormenta de Ideas o de un proceso lógico de discusión paso a paso se obtiene una lista ordenada de los mismos, por ejemplo:

<b>Efecto en estudio: Alto número de piezas defectuosas</b>
<b>Lista de factores involucrados</b>
Control deficiente
Insatisfacción en el trabajo
No se sigue el procedimiento
Desinformación sobre el contenido defectivo
Ausentismo
Falta de formación
Críticas se aceptan mal
Falta de atención
Tiempo de control insuficiente
Tiempo de operación muy ajustado
Imposibilidad de asegurar el puesto de trabajo
Deficiencia estructural
Falta de espíritu competitivo
Cansancio
Muchos trabajadores mayores
Trabajo desorganizado

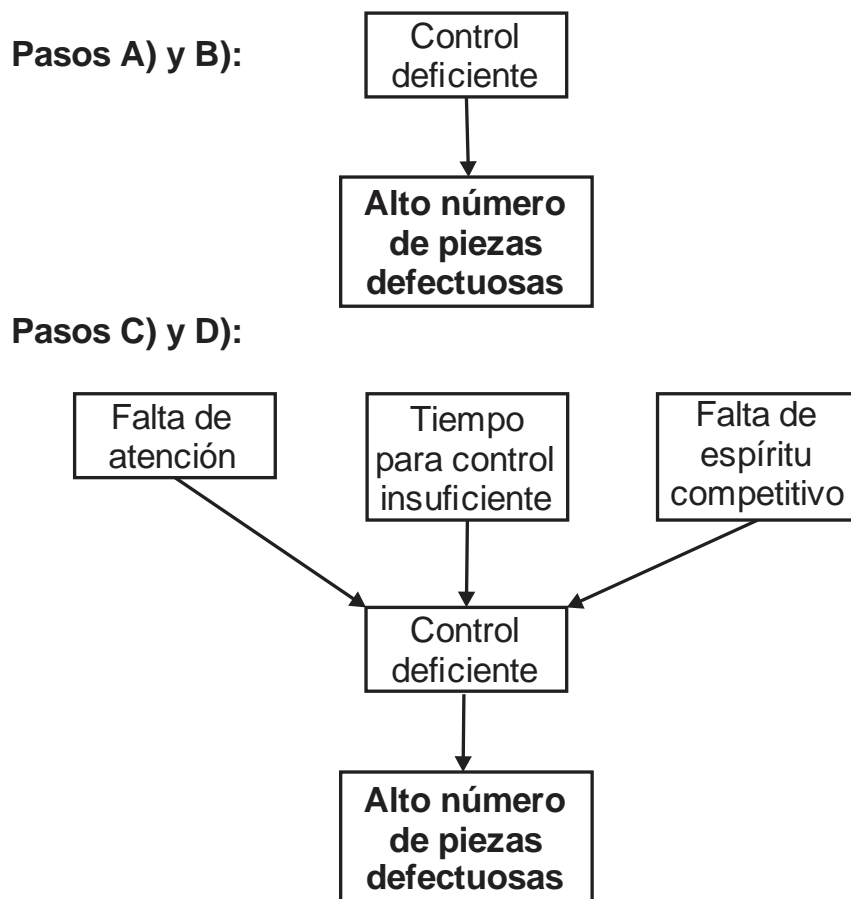
### **Paso 7: Comenzar el diagrama dibujando los efectos (objetivos) en estudio**

Se escribe el efecto o efectos y cada uno de ellos se enmarca, bien en un doble recuadro, bien en una doble elipse, por ejemplo:



### **Paso 8: Incluir en el diagrama los factores contenidos en la lista**

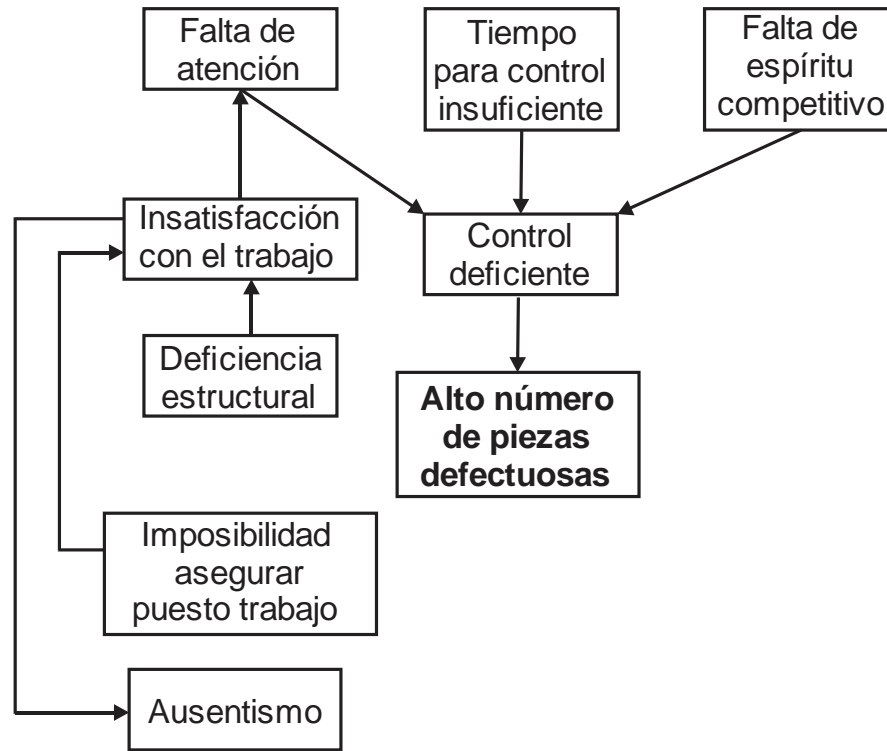
- Se incluye el primer factor de la lista enmarcándolo en una figura simple (sin borde doble) similar a la utilizada para el efecto o efectos (recuadro, elipse).
- En el caso de que dicho factor esté relacionado directamente con el efecto o efectos en estudio, se conectan mediante flechas, de modo que la causa apunte al efecto.
- Se repasa el resto de la lista, identificando aquellos factores que tienen relación directa con este primer factor (factor analizado).
- Todos los factores identificados se incluyen en el diagrama y cada uno de ellos se une mediante una flecha con el factor analizado. El sentido de la flecha es el que marca la relación causa-efecto, por ejemplo:



- e) Repetir el mismo proceso para el segundo factor de la lista y sucesivamente para todos los demás.

Si alguno de los factores directamente relacionados ya está incluido en el diagrama, únicamente se traza la flecha de conexión con el factor objeto de análisis.

- f) Si se duda sobre la posible relación directa entre dos de los factores o entre un factor y un efecto, no incluir dicha relación y anotarla para ser consultada con otros expertos, por ejemplo:

**Paso E) para el segundo factor de la lista****Paso 9: Ordenar el diagrama**

El resultado del paso anterior es un Diagrama de Relaciones sin ordenar, en el que se entremezclan las flechas de conexión, dificultando su interpretación.

En función de este diagrama dibujado y del tipo de Diagrama de Relaciones que se quiere obtener como resultado final, se ordena la posición, en la superficie de escritura, de cada uno de los elementos que lo componen.

Con la obtención del siguiente diagrama de relaciones se finaliza la primera sesión de trabajo.





Factores relevantes:

- Aquellos que presentan mayor número de conexiones, ya que esto significa que influyen o están influidos por un gran número de elementos del diagrama.
- Aquellos que por su naturaleza, desde el punto de vista de la situación analizada, parecen elementos de especial significación.

La información que proporciona sobre las relaciones entre todos los factores que intervienen en la situación y la posibilidad de incluir más de un efecto, de forma claramente diferenciada, permite prever la necesidad de análisis de efectos o situaciones colaterales.

Esta última consideración es una ventaja fundamental del Diagrama de Relaciones sobre el Diagrama Causa-Efecto. Este último da una visión menos global de la situación en estudio y no permite trabajar con más de un efecto de forma tan eficaz.

### **Posibles problemas y deficiencias de interpretación**

- a) La más grave de las posibles falsas interpretaciones del Diagrama de Relaciones, es confundir esta disposición ordenada de teorías con los datos reales. Su consistencia lógica no sustituye su comprobación empírica.
- b) Deficiencias en las conclusiones pueden provenir de la interpretación de diagramas artificialmente complejos.

La expresión de los factores, incluidos en el diagrama, de forma excesivamente simple provoca la existencia de gran número de flechas de conexión entre los mismos y el diagrama es difícil de entender, siendo compleja la identificación de los factores clave del mismo.

- c) Deficiencias en la definición del efecto o situación en estudio, o en la realización del proceso de construcción pueden provocar sesgos en su resultado y por tanto, en su interpretación posterior.

### **Utilización**

Por sus características principales, la construcción de un Diagrama de Relaciones es muy útil cuando:

- Es necesaria una visión global de una situación compleja.
- Se requiere para su análisis la participación y el consenso de las personas o unidades de la organización involucradas en la misma.

### **Utilización en las fases de un proceso de solución de problemas**

Durante un proceso de solución de problemas hay varios puntos en que su construcción puede ser muy útil:

- El Diagrama de Relaciones es útil para la identificación y priorización de problemas. Su capacidad para mostrar y relacionar problemas dentro de una situación determinada puede facilitar el establecimiento de una secuencia de actuación para

obtener el cambio de la misma. Sirve también para la identificación de las unidades de la organización que deben participar en la solución de un problema.

- En la fase de diagnóstico para guiar el análisis e identificación de las causas raíz del problema.
- En la fase de corrección para considerar soluciones alternativas, identificar posibles efectos secundarios de su implantación y los probables efectos sinérgicos que se pueden obtener con su combinación.
- Por último, este tipo de diagramas puede ayudar en la identificación y tratamiento de la resistencia al cambio.

### 1.5.3 Diagrama de árbol

El Diagrama de árbol es una representación gráfica que muestra el desglose progresivo de los factores o medios que pueden contribuir a un efecto u objetivo determinado.

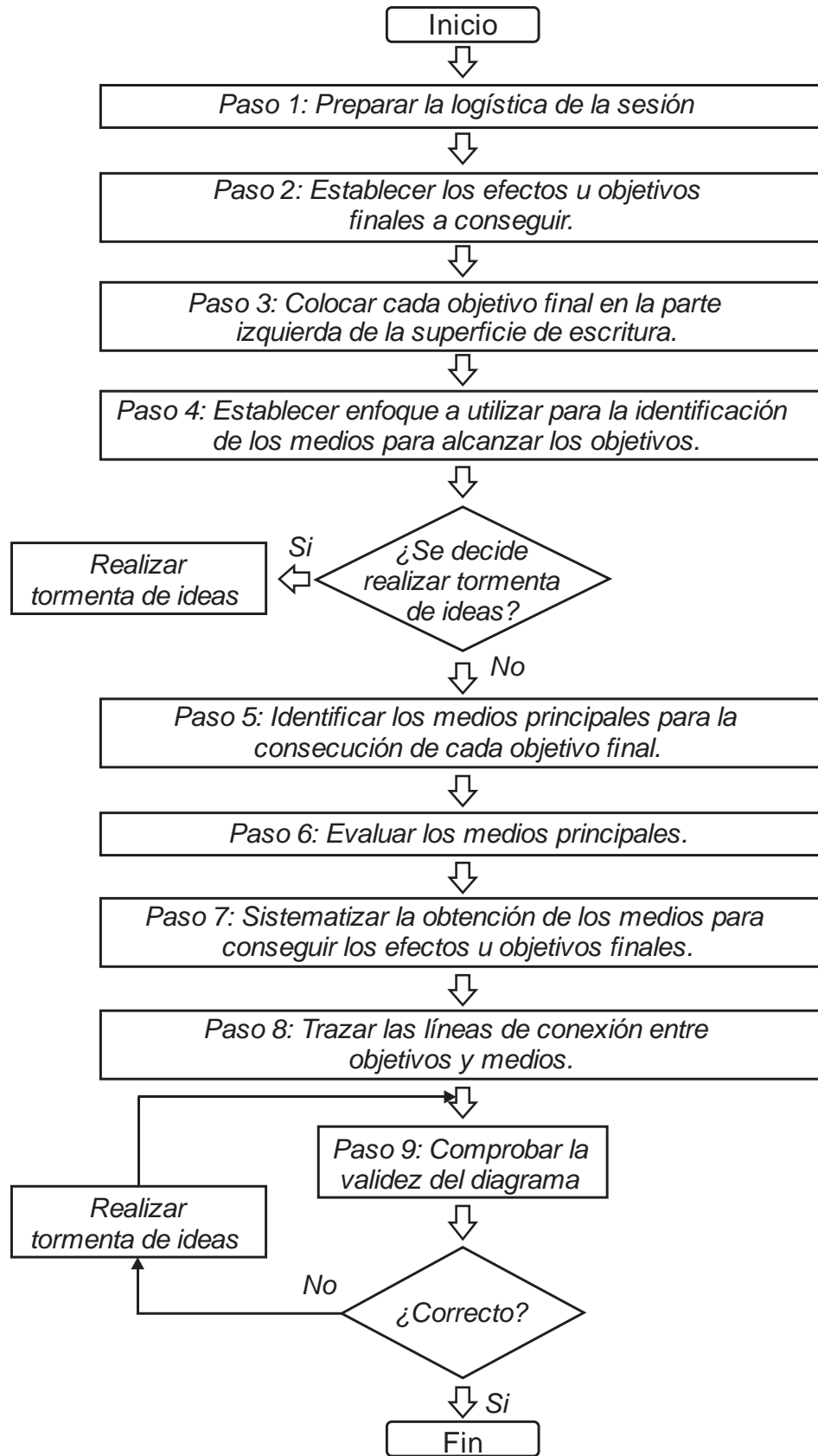
Las características principales que debe contener este tipo de diagrama son:

**Impacto visual:** Muestra el despliegue de todos los factores o elementos que contribuyen a un efecto u objetivo de forma ordenada, clara, precisa y de un sólo "golpe de vista".

**Enfoque estructurado:** Sistematiza el análisis de una situación, o la planificación para alcanzar un objetivo facilitando su desarrollo incluso en casos muy complejos.

**Concreción:** Desglosa conceptos generales hasta un grado idóneo de detalle, que permite traducirlos directamente en acciones o elementos básicos y operativos.

El siguiente diagrama de flujo muestra los pasos para desarrollar este tipo de diagrama.



A continuación se describen la forma de aplicar cada uno de los pasos del diagrama de árbol.

### **Paso 1. Preparación de la logística**

Preparar para el proceso de construcción del diagrama:

- Varias hojas de gran tamaño o una superficie de escritura amplia.
- Tarjetas o papel adhesivo.
- Elementos de escritura de varios colores.

Todo este material facilitará el trabajo de construcción.

### **Paso 2: Establecer los efectos u objetivos finales a conseguir**

- Definir los efectos u objetivos que son objeto de estudio. La definición será sencilla, breve y claramente comprensible, no dejando lugar a diferentes interpretaciones, en caso necesario se utilizará una frase breve.
- Comprobar los efectos u objetivos mediante el planteamiento de la pregunta: ¿Cuál es el propósito de este objetivo? La respuesta a la misma clarificará si el objetivo analizado es un objetivo final o existe otro objetivo superior que debe ser tomado como tal.
- Si existe algún condicionante que debe ser satisfecho para el cumplimiento de un objetivo, deberá especificarse en la definición de este último. Por ejemplo:

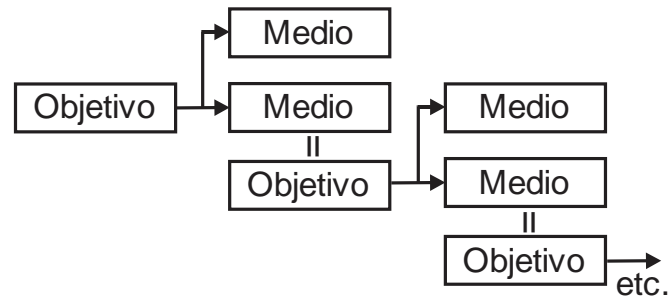
<b>Objetivo:</b>
Reducir los costos
<b>Objetivo + Condicionante</b>
Reducir los costos manteniendo los recursos constantes o Reducir los costos a través de la reducción de recursos

### **Paso 3: Colocar cada objetivo final en la parte izquierda de la superficie de escritura**

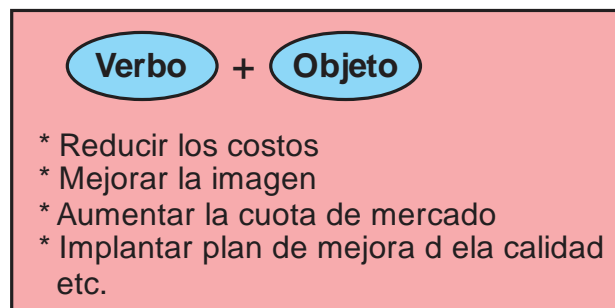
### **Paso 4: Seleccionar el enfoque a utilizar, para la obtención de los medios necesarios, para alcanzar los efectos u objetivos finales**

Para llegar a definir estos medios se utilizará uno de los siguientes enfoques:

- Un proceso lógico, paso a paso, en el que se irán analizando cada uno de los objetivos finales, identificándose los medios principales para conseguirlos y a partir de estos, los medios secundarios, etc. Por ejemplo:



- b) Realizar una tormenta de ideas para obtener medios que contribuyan a los efectos u objetivos analizados sin cuestionarse su importancia. Con cualquiera de los dos enfoques es útil expresar los medios como: **Verbo + Objeto**. Por ejemplo:

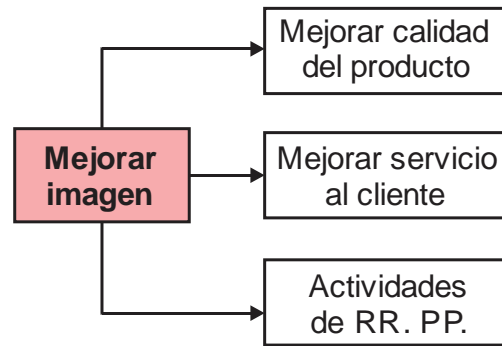


En el caso de utilizar la Tormenta de Ideas, la lista resultado de la sesión será la fuente primaria a utilizar en los siguientes pasos de construcción del diagrama.

En el caso de utilizar un proceso lógico paso a paso, la fuente primaria serán los propios componentes del grupo o la persona responsable de su construcción, aportando ideas según se va desarrollando el diagrama.

### **Paso 5: Identificar los medios principales para la consecución de cada uno de los efectos u objetivos finales**

- a) Se utilizará para la identificación, la siguiente pregunta: ¿Qué medios podríamos utilizar para conseguir este objetivo?
- b) Se comprobará, posteriormente, que las ideas expresadas son un medio directo para la consecución de dicho objetivo, de igual forma que en el "Paso 2", asegurando que dicha consecución no se realiza a través de un objetivo intermedio.
- c) Colocar dichos medios a la derecha del objetivo correspondiente y uno debajo de otro.



### Paso 6: Evaluar los medios principales

Se evaluará la adecuación de cada uno de los medios principales para conseguir los objetivos finales, marcando cada uno de ellos con un símbolo:

0 : practicable o posible.

$\Delta$  : posibilidad incierta sin investigación posterior.

X : impracticable o imposible.

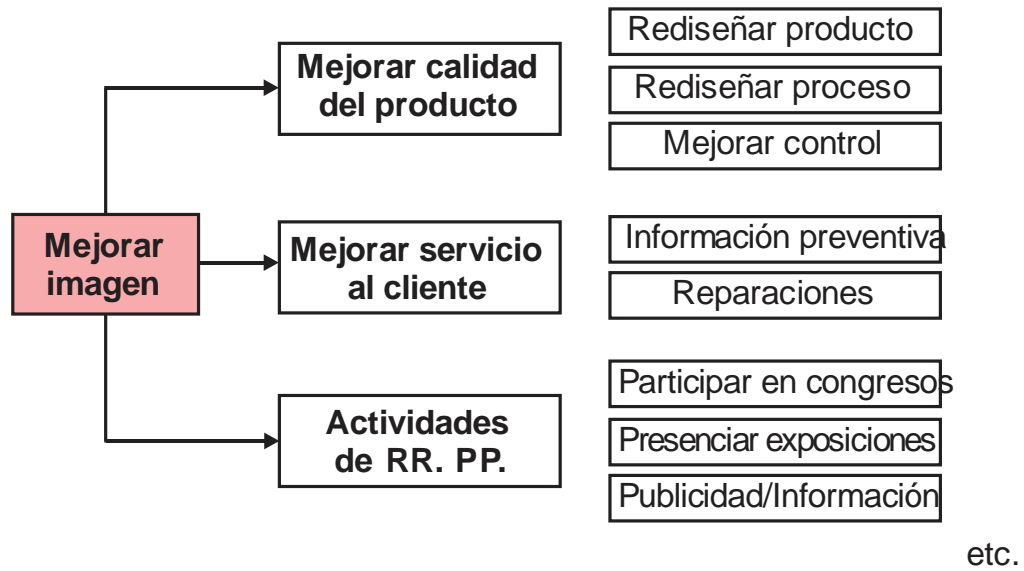
Los medios marcados con el símbolo  $\Delta$  deberán ser investigados lo antes posible para reclasificarlos como practicables (0) o como impracticables (X). Los medios marcados con el símbolo X serán eliminados del diagrama.

Se tendrán en cuenta durante la evaluación, los siguientes criterios:

- No realizar evaluaciones superficiales, rechazando precipitadamente medios propuestos.
- Las ideas que parecen impracticables o imposibles a primera vista, posiblemente pueden ser mejoradas y tenidas en cuenta para mejorar otros medios propuestos.
- Las ideas innovadoras suelen ser consideradas impracticables, sin embargo, una vez que se llevan a la práctica producen, a menudo, resultados sorprendentes.
- Es frecuente la aparición de nuevas ideas durante las evaluaciones. Estas ideas deben incorporarse al diagrama siguiendo un proceso análogo al anteriormente descrito.

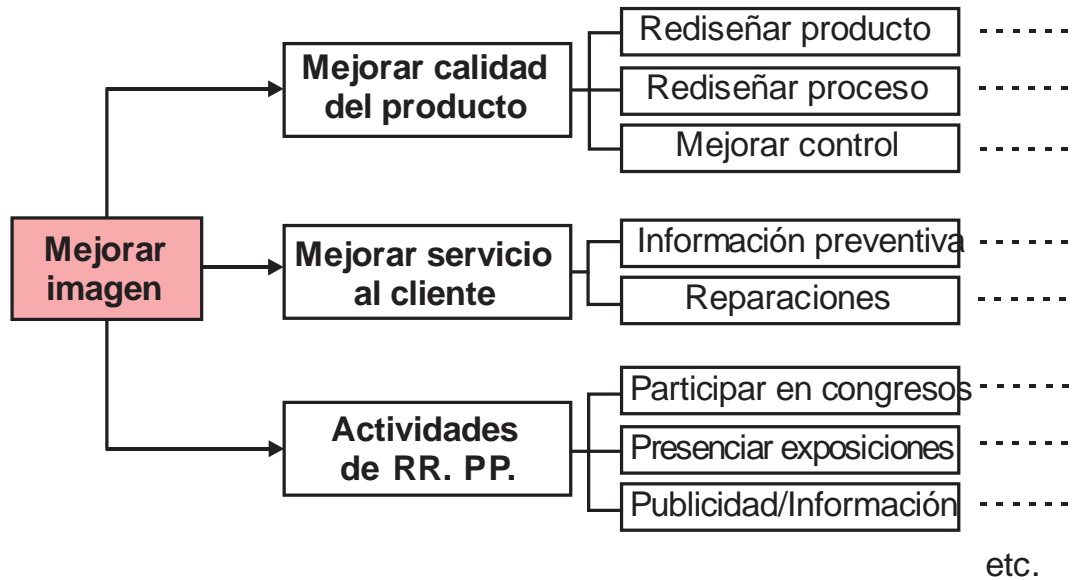
### Paso 7: Sistematizar la obtención de los medios para conseguir los efectos u objetivos finales

Para cada medio principal contenido en el diagrama repetir los pasos 6 y 7 y trabajar de esta forma sucesivamente hasta alcanzar el nivel de desglose necesario. Por ejemplo:



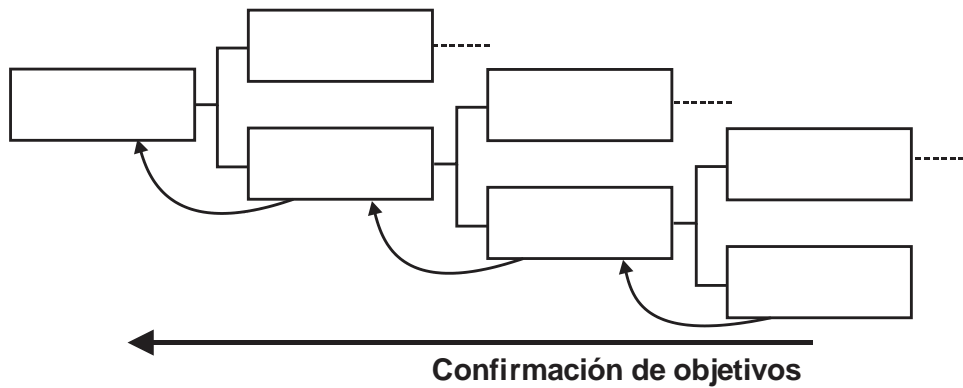
**Paso 8: Trazar las líneas de conexión entre objetivos y medios**

Se trazarán líneas de conexión entre cada objetivo o medio / objetivo y los correspondientes medios necesarios para su consecución. Por ejemplo:



**Paso 9: Comprobar la validez del diagrama**

Una vez finalizada la construcción del Diagrama de Árbol se comprueba el resultado mediante un análisis del mismo en sentido inverso (partiendo desde el último nivel de desglose hasta llegar a los objetivos finales). Por ejemplo:



Para ello se procede del siguiente modo:

- a) Comprobar que no existen medios inútiles mediante la pregunta: ¿Puede realmente este medio contribuir a la consecución del objetivo de nivel superior correspondiente?.

Una respuesta negativa a esta pregunta puede indicar:

- Un error en la sistematización. Se han incluido medios en una rama o nivel erróneo.
- Un error de juicio inicial sobre la adecuación del medio a la contribución del objetivo de nivel superior.

- b) Comprobar que el diagrama está completo mediante la pregunta: ¿Puede realmente conseguirse este objetivo a través de los medios de nivel inferior?.

Una respuesta negativa a esta pregunta puede indicar:

- Un sesgo en la Tormenta de Ideas o en el proceso lógico utilizados.
- Desconocimiento en un área implicada en el estudio.

Es necesario completar la parte del diagrama afectada.

Una vez realizadas estas comprobaciones se puede dar por terminado el Diagrama de Árbol.

## Interpretación

El Diagrama de Árbol muestra de forma clara y ordenada las posibles formas de obtener un efecto o alcanzar un objetivo determinado.

Es una herramienta especialmente útil para cualquier tipo de planificación, ya sea de gestión o de diseño.

En cualquier caso se utilizará como guía de estudio o análisis ya que no asegura, por sí mismo, la consecución de los objetivos. Es necesario evaluar o comprobar la eficacia real de los medios propuestos, así como los recursos que se requieren.



### **Posibles problemas y deficiencias de interpretación**

- a) La más grave de las posibles falsas interpretaciones del Diagrama de Árbol es confundir esta disposición ordenada de teorías con los datos reales. Este diagrama es útil para el desarrollo de planes y para contrastar su validez lógica, pero no garantiza su validez empírica.
- b) Otras causas de la obtención de conclusiones deficientes en la interpretación de este tipo de diagrama son:
  - Las evaluaciones superficiales de la adecuación de los medios para conseguir efectos u objetivos.
  - No desarrollar debidamente la comprobación final de validez del diagrama.

### **Utilización**

Por sus características principales, la construcción de un Diagrama de Árbol es muy útil cuando:

- Se requiere desglosar a distintos niveles de integración un efecto u objetivo.
- Es necesaria una planificación estructurada.
- Se busca una guía en el análisis o estudio de alternativas de actuación.

### **Utilización en las fases de solución de problemas**

Durante un proceso de solución de problemas, hay varios puntos en los que la construcción de un Diagrama de Árbol es útil:

- a) Como guía para identificar las acciones de mejora que deben ser emprendidas en base a un despliegue de objetivos.
- b) En la fase de diagnóstico para la formulación de teorías sobre las causas de un problema y en la fase de corrección para considerar soluciones alternativas.

En ambos casos se utiliza de forma similar al Diagrama Causa-Efecto

## **1.5.4 Diagrama matricial**

El Diagrama matricial es quizá la herramienta más utilizada y conocida de las siete. Esta herramienta enfrenta dos conjuntos de ideas y las compara con el objetivo de decidir si existe correlación entre ellas. En el diseño, uno de los mayores problemas es que por lo general se olvidan algunas cosas.

El gráfico matricial ayuda a prevenir estos olvidos, siendo utilizado ampliamente en el desarrollo del Despliegue de la Función de Calidad (QFD).

El Diagrama Matricial lo podemos definir como una representación gráfica de las relaciones existentes entre diferentes tipos de factores y la intensidad de las mismas, en términos cualitativos.

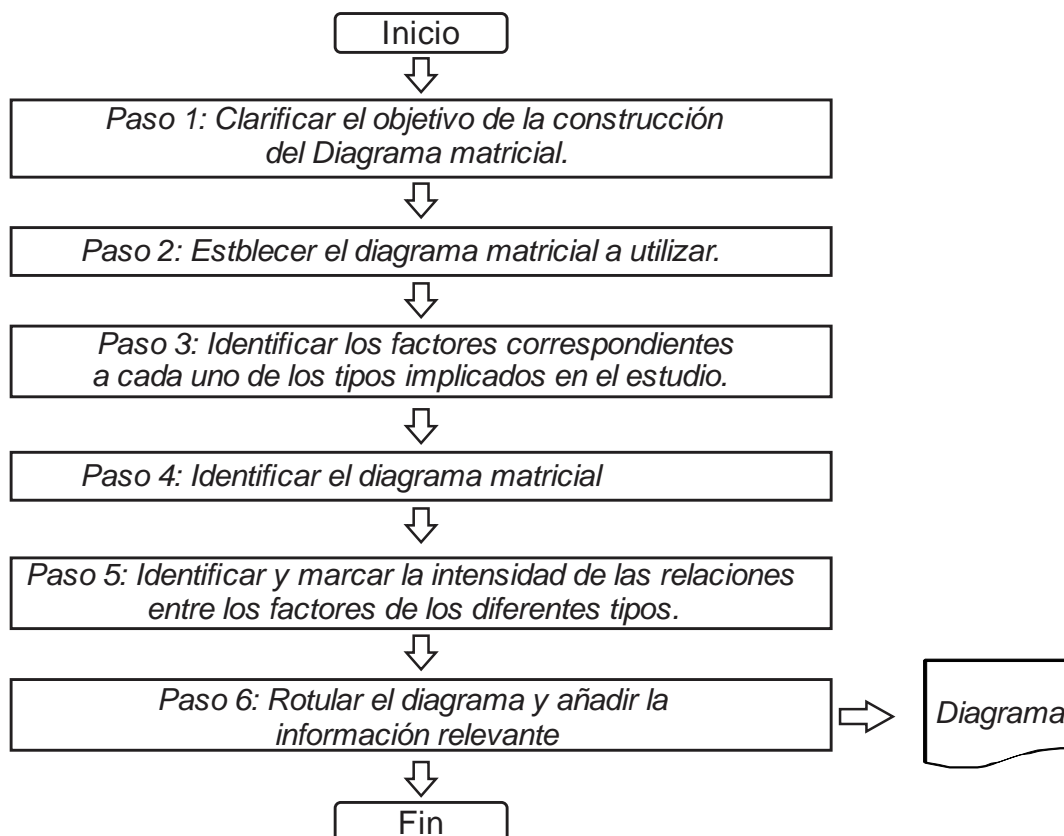
Sus características principales que tiene esta herramienta son:

**Pensamiento multidimensional:** Establece relaciones entre diferentes tipos de factores, conjugando múltiples dimensiones o vías de análisis en el estudio a desarrollar.

**Guía en la priorización:** Permite identificar los factores principales y más relevantes del tema en estudio.

**Claridad:** El Diagrama Matricial presenta gran cantidad de información sobre situaciones complejas de forma clara y concisa.

La siguiente figura representa el diagrama de flujo, indicando los pasos para poder utilizar esta herramienta en forma eficiente:



## Construcción

### Paso 1: Clarificar el objetivo de la construcción del Diagrama Matricial

En primer lugar es necesario clarificar el objetivo del estudio a realizar, para poder identificar los tipos de factores que deben intervenir en su análisis.

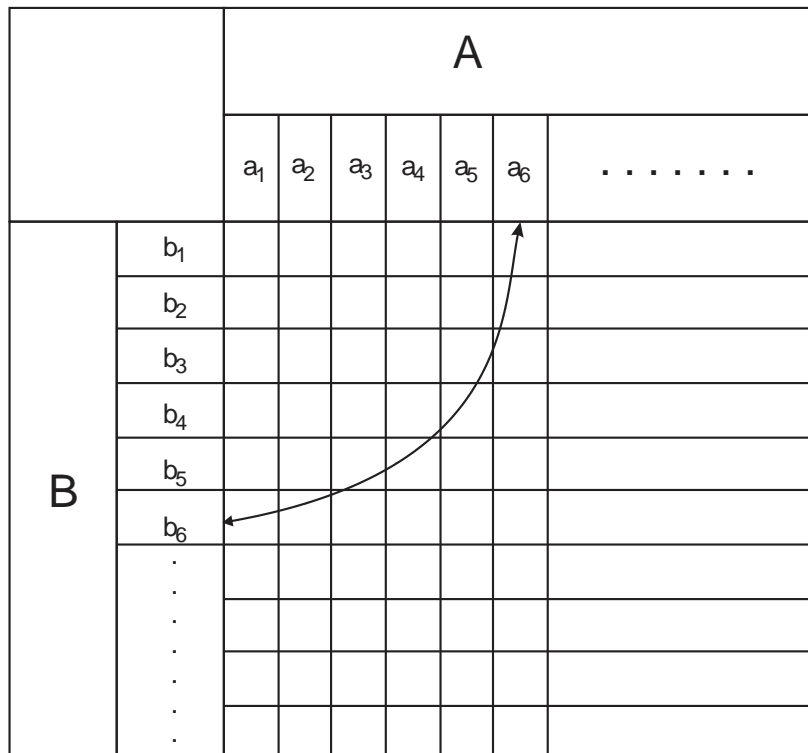
Denominamos "Tipo" a un conjunto de factores que tienen una característica común para su agrupación (Ej.: Tipo A: características de un producto. Tipo B: necesidades de los clientes. Tipo C: causas de un efecto, etc).

El número de tipos implicados será dos, tres o como máximo cuatro.

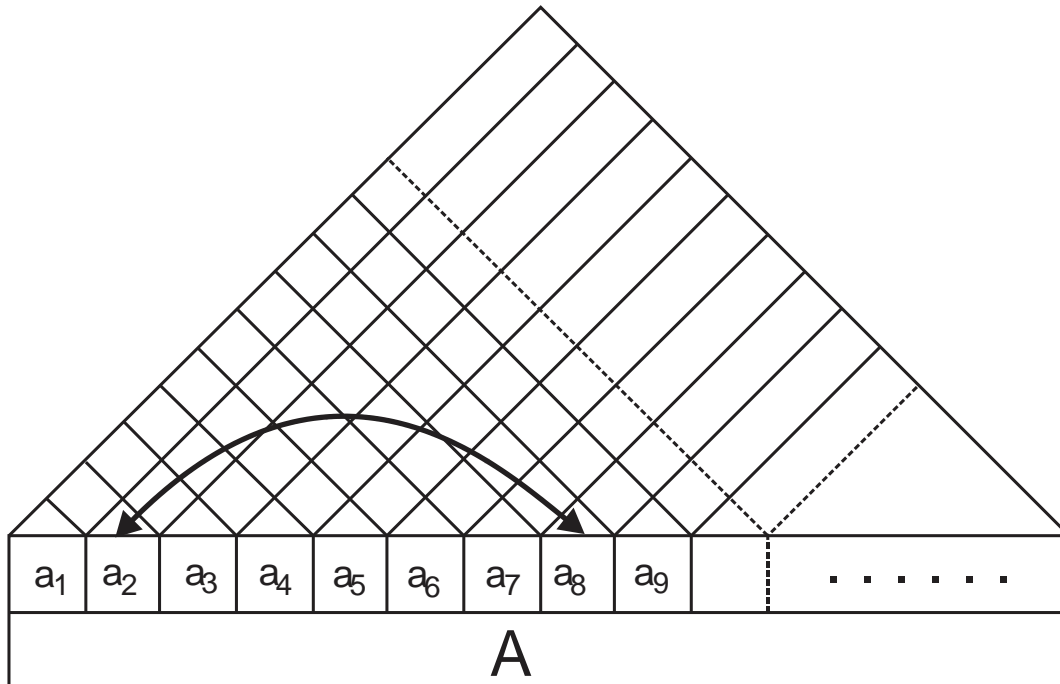
**Paso 2: Determinar el Diagrama Matricial a utilizar**

En función del resultado del paso anterior (número de tipos de factores implicados en el estudio) se elige el tipo de Diagrama Matricial adecuado:

**Diagrama Matricial en "L":** Es el Diagrama Matricial básico, se utiliza para representar relaciones entre dos tipos distintos (A, B) mediante una disposición en filas y columnas. Ejemplo: Relaciones entre efectos y causas, relaciones entre necesidades del cliente y características de un producto o servicio, etc. Tal y como se representa en la siguiente figura.



**Diagrama Matricial en "A":** Este modelo de diagrama es un caso particular del Diagrama Matricial en "L". Se utiliza para representar las relaciones entre los factores que componen un tipo determinado (A). Por ejemplo:

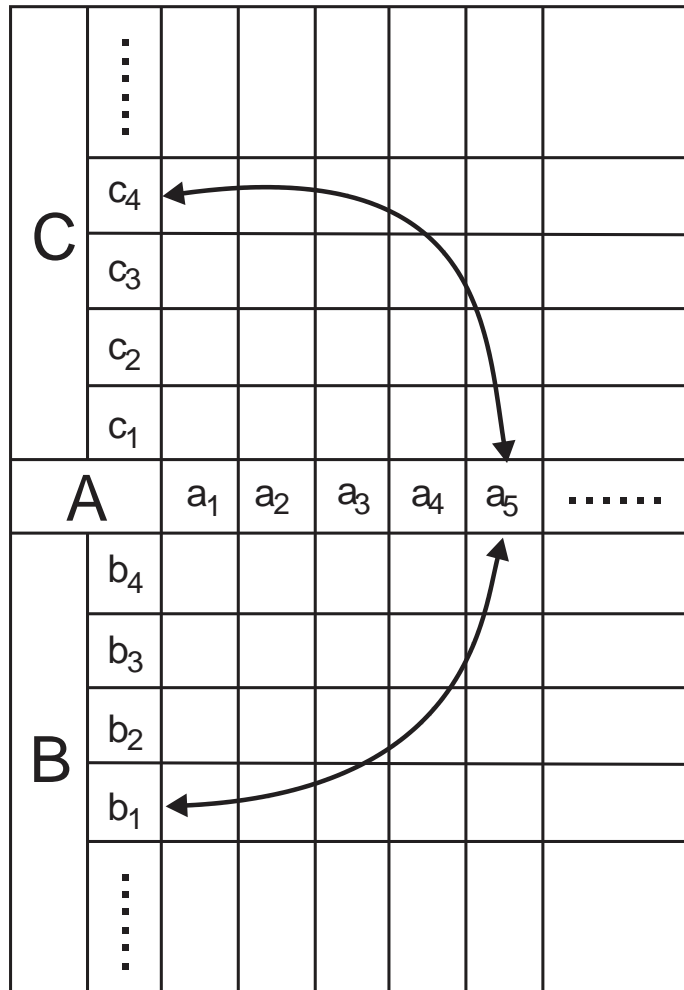


### Diagrama Matricial en "T"

Es la combinación de dos Diagramas Matriciales en "L". Se utiliza para representar las relaciones entre tres tipos de factores distintos (A, B y C) agrupándolos de la siguiente forma:

- Relaciones entre el tipo A y el tipo B.
- Relaciones entre el tipo A y el tipo C.

Ejemplo: Relaciones entre necesidades de los clientes y características del servicio y entre necesidades de los clientes y características del servicio de la competencia. Por ejemplo:

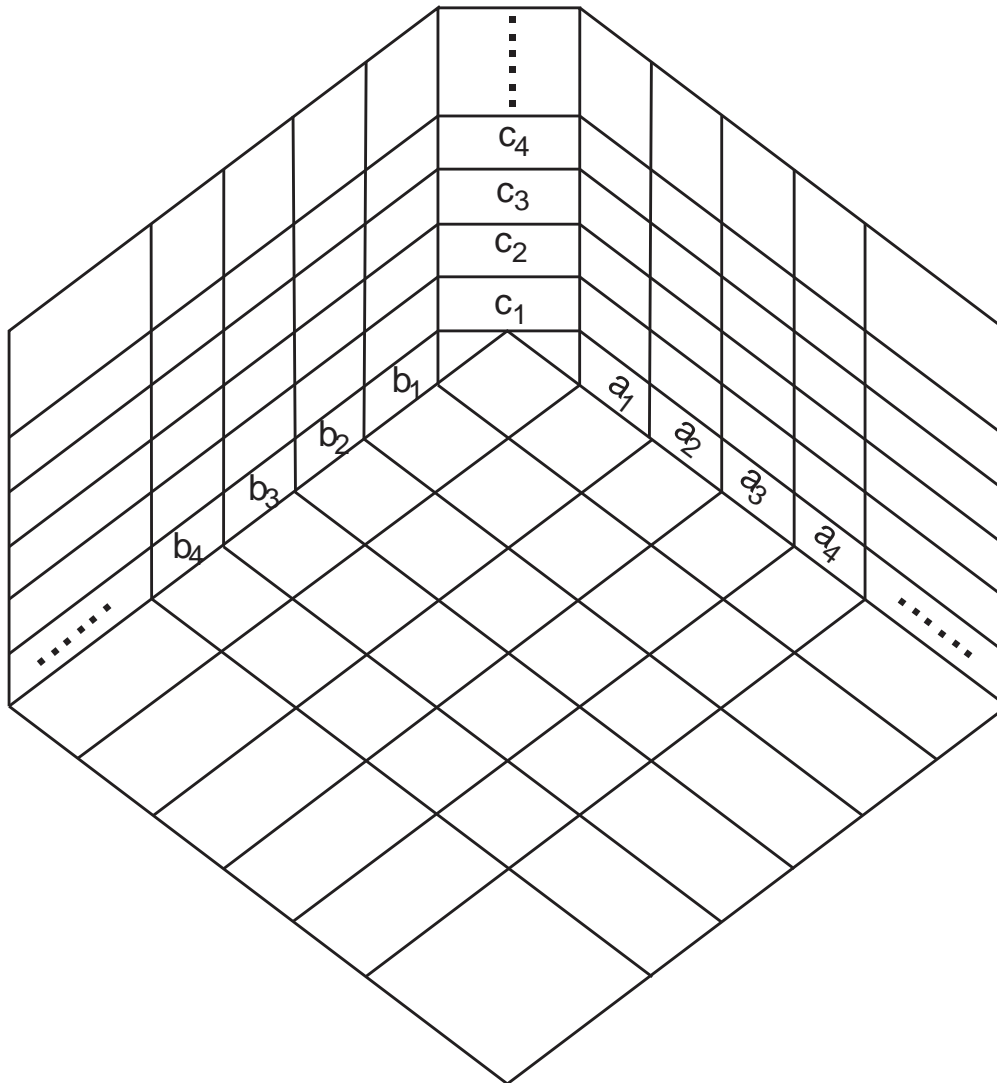


**Diagrama Matricial en "Y"**

Es la combinación de tres Diagramas Matriciales en "L". Se utiliza para representar las relaciones entre tres tipos distintos (A, B y C) agrupándolos de la siguiente forma:

- Relaciones entre el tipo A y el tipo B.
- Relaciones entre el tipo B y el tipo C.
- Relaciones entre el tipo C y el tipo A.

Ejemplo: Relaciones entre: Distintos defectos y sus causas, estas causas y los procesos de producción, y por último los procesos y los defectos encontrados. La siguiente figura muestra el diagrama de este tipo:

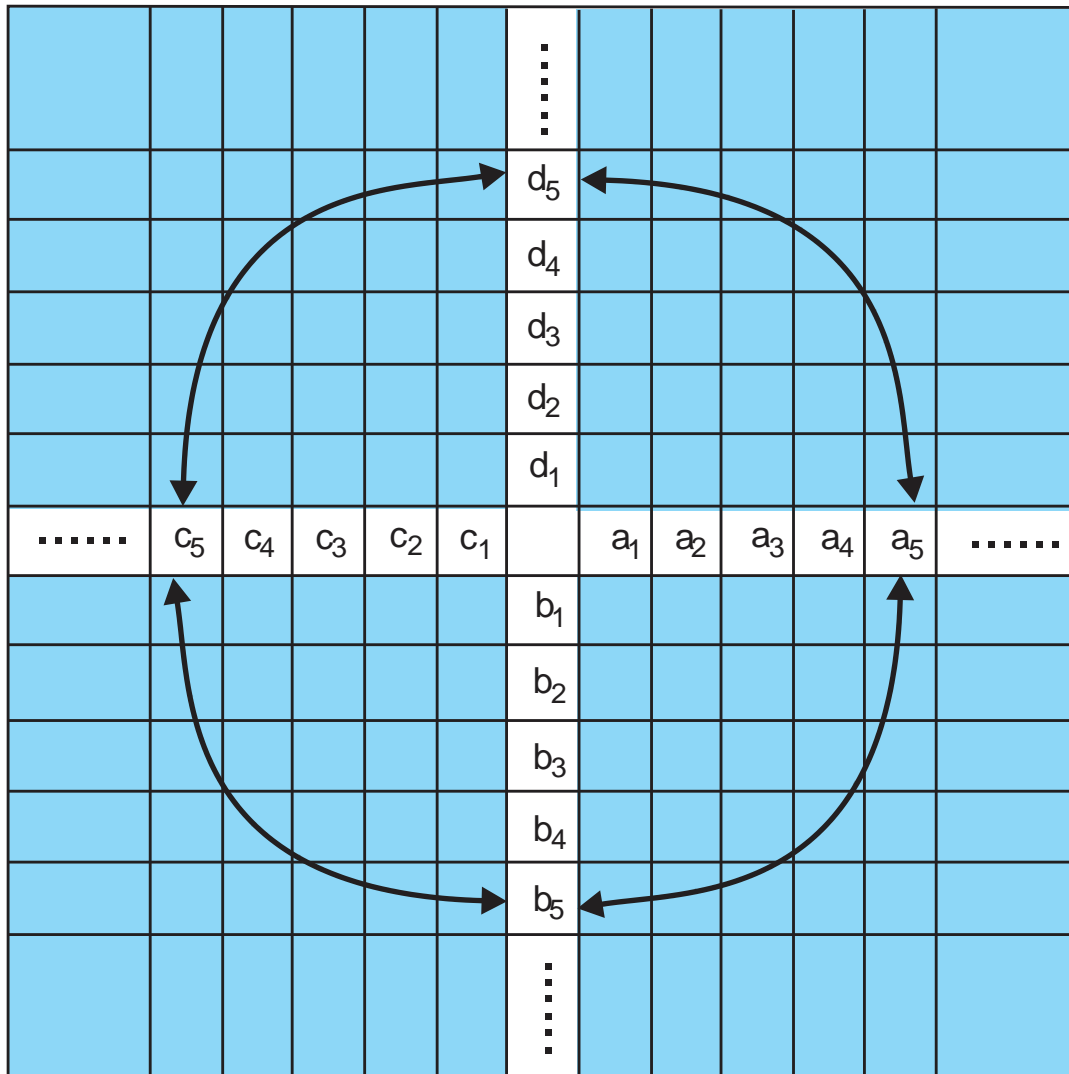


### Diagrama Matricial en "X"

Es la combinación de cuatro Diagramas Matriciales en "L". Se utiliza para representar las relaciones entre cuatro tipos diferentes (A, B, C y D) agrupándolos de la siguiente forma:

- Relaciones entre el tipo A y el tipo B.
- Relaciones entre el tipo B y el tipo C.
- Relaciones entre el tipo C y el tipo D.
- Relaciones entre el tipo D y el tipo A.

Las aplicaciones de este tipo de diagrama en la práctica son muy limitadas y un ejemplo de aplicación podría ser el análisis de relaciones, en los sistemas electrónicos de proceso de datos, entre las funciones de gestión, acciones de gestión, datos de entrada y datos de salida. Por ejemplo:



### Paso 3: Identificar los factores correspondientes a cada uno de los tipos que están implicados en el estudio

La identificación de los factores integrantes de cada tipo no tiene una metodología definida ya que pueden ser de muy diversas clases.

En general, es necesario el uso de otra herramienta para desarrollar este paso, como por ejemplo:

- Análisis sobre Diagramas de Flujo.
- Tormenta de Ideas.
- Diagramas de Árbol.
- Encuestas.
- Estudios de Mercado.
- Lista o información ya existente.

La elección de la más idónea dependerá de la naturaleza del tipo de factores a identificar. Por ejemplo:

Modelo de Radio	Tipo de defecto
A420	Volumen
A422	Antena
C60	Baterías
E804	Frecuencia
F301	Acabado

#### Paso 4: Dibujar el Diagrama Matricial

El diagrama se dibujará según el modelo elegido, y en analogía a la secuencia que se detalla a continuación para el diagrama en "L".

- a) Establecer qué tipo debe ser representado en las filas y cual en las columnas.

Para otros tipos de diagramas se tendrán en cuenta las agrupaciones dos a dos que deben ser realizadas.

- b) Dibujar tantas filas y columnas como factores tengan los tipos correspondientes, añadiendo un espacio para la rotulación de cada tipo.  
 c) Rotular la notación o título correspondiente a cada tipo.  
 d) Rotular los factores pertenecientes a cada tipo en las filas y columnas.

Los rótulos serán claros y autoexplicativos, por ejemplo:

		Modelo de Radio				
		A420	A422	C60	E804	F301
Defecto	Volumen					
	Antena					
	Baterías					
	Frecuencia					
	Acabado					

#### Paso 5: Identificar y marcar las relaciones entre los factores de ambos tipos

- a) Se toma el primer elemento de las filas y se repasa cada uno de los elementos de las columnas, identificando todos los que están relacionados con aquél.  
 b) Se determina la intensidad de la relación mediante datos existentes o el juicio de expertos en el tema estudiado.

Se manejarán escalas con un mínimo de dos niveles de intensidad y un máximo de cuatro. Las más usuales son:



Intensidad	Símbolo	Intensidad	Símbolo	Intensidad	Símbolo
Muy fuerte	◎	Fuerte	●	Existente	X
Fuerte	○	Débil	○	Inexistente	
Débil	△	Inexistente			
Inexistente					

c) Dibujar el símbolo correspondiente a la intensidad en la casilla de intersección entre la fila y la columna de los elementos relacionados. Por ejemplo:

		Modelo de Radio				
		A420	A422	C60	E804	F301
Defecto	Volumen	○	○	○	●	

d) Repetir este proceso para los elementos de las filas segunda, tercera, cuarta, etc.

		Modelo de Radio				
		A420	A422	C60	E804	F301
Defecto	Volumen	○	○	○	●	
	Antena			●	○	○
	Baterías		●	○		
	Frecuencia		●			
	Acabado				●	●

**Paso 6. Rotular el diagrama y añadir la información relevante.**

El diagrama debe de “hablar por si mismo”, por lo tanto se incluirá toda la información relevante para su interpretación. Como mínimo debe contener la siguiente información:

- Título explicativo sobre las relaciones representadas.
- Breve explicación de cómo han sido establecidas.
- Leyenda del significado de los símbolos utilizados..

Por ejemplo: intensidad de las relaciones entre los defectos y modelos de radio.

		Modelo de Radio				
		A420	A422	C60	E804	F301
Defecto	Volumen	○	○	○	●	
	Antena			●	○	○
	Baterías		●	○		
	Frecuencia		●			
	Acabado				●	●

● = Relación fuerte      ○ = Relación débil

Intensidad de la relación = Frecuencia de aparición del defecto

Las evaluaciones se basan en los datos de todas las reparaciones efectuadas en el taller de reparación XXX en un mes.

### Interpretación

Un Diagrama Matricial proporciona información sobre la existencia e intensidad de las relaciones entre diversos aspectos relacionados con un tema en estudio. Esta información da una visión global muy completa sobre dicho tema, y permite tener en cuenta las implicaciones derivadas de la acción sobre cualquiera de los elementos implicados en el mismo.

### Posibles problemas y deficiencias de interpretación

- a) En general, la construcción del diagrama se basa, en gran medida, en la experiencia de los expertos sobre el tema analizado. Esto da lugar a la deficiencia más habitual en su interpretación: confundir esta disposición de las relaciones y su intensidad con los datos reales, sin una comprobación empírica previa.

El Diagrama Matricial debe ser utilizado como guía en el análisis del tema en estudio y es necesario comprobar la exactitud de las ideas que de su interpretación se obtengan.

Las causas posibles de inexactitudes en la asignación de intensidades a las relaciones serán:

- Utilización de datos obsoletos.
  - Sesgos en la evaluación de los expertos (visión subjetiva, desconocimiento parcial del tema, etc).
  - Evaluaciones superficiales sin contar con expertos en el tema.
- b) Otra de las principales causas de deficiencias en la interpretación del Diagrama Matricial es la falta de elementos o factores clave en el análisis del tema en estudio.

En general, este hecho se produce por la deficiente utilización de las herramientas utilizadas para su identificación.

## Utilización

Debido a las características principales del Diagrama Matricial su construcción es útil cuando:

- Es necesario recoger en un estudio, diferentes puntos de vista sobre el mismo tema.
- Se requiere información simultánea sobre relaciones de factores implicados en dicho tema.

Como consecuencia de los dos puntos anteriores se puede decir que es una herramienta útil para cualquier acción de planificación.

## 1.5.5 Diagrama de flujo

Un diagrama de flujo es una representación gráfica de un proceso. Cada paso del proceso es representado por un símbolo diferente que contiene una breve descripción de la etapa de proceso. Los símbolos gráficos del flujo del proceso están unidos entre sí con flechas que indican la dirección de flujo del proceso.

El diagrama de flujo ofrece una descripción visual de las actividades implicadas en un proceso mostrando la relación secuencial entre ellas, facilitando la rápida comprensión de cada actividad y su relación con las demás, el flujo de la información y los materiales, las ramas en el proceso, la existencia de bucles repetitivos, el número de pasos del proceso, las operaciones de interdepartamentales. Facilita también la selección de indicadores de proceso

Las ventajas que ofrece el diagrama de flujo de procesos, son varias:

- Facilita la comprensión del proceso. Al mismo tiempo, promueve el acuerdo, entre los miembros del equipo, sobre la naturaleza y desarrollo del proceso analizado.
- Proporciona un método de comunicación más eficaz, al introducir un lenguaje común.
- Supone una herramienta fundamental para obtener mejoras mediante el rediseño del proceso, o el diseño de uno alternativo.
- Identifica problemas, oportunidades de mejora y puntos de ruptura del proceso.
- Pone de manifiesto las relaciones cliente-proveedor, sean éstos internos o externos.
- Estimula el pensamiento analítico en el momento de estudiar un proceso, haciendo más factible generar alternativas útiles.

La realización de un diagrama de flujo es una actividad íntimamente ligada al hecho de modelar un proceso, que es por sí mismo un componente esencial en la gestión de procesos.

Frecuentemente los sistemas (conjuntos de procesos y subprocesos integrados en una organización) son difíciles de comprender, amplios, complejos y confusos; con múltiples puntos de contacto entre sí y con un buen número de áreas funcionales, departamentos y personas implicadas. Un modelo (una representación de una realidad compleja) puede dar la oportunidad de organizar y documentar la información sobre un sistema. El diagrama de flujo de proceso constituye la primera actividad para modelar un proceso.

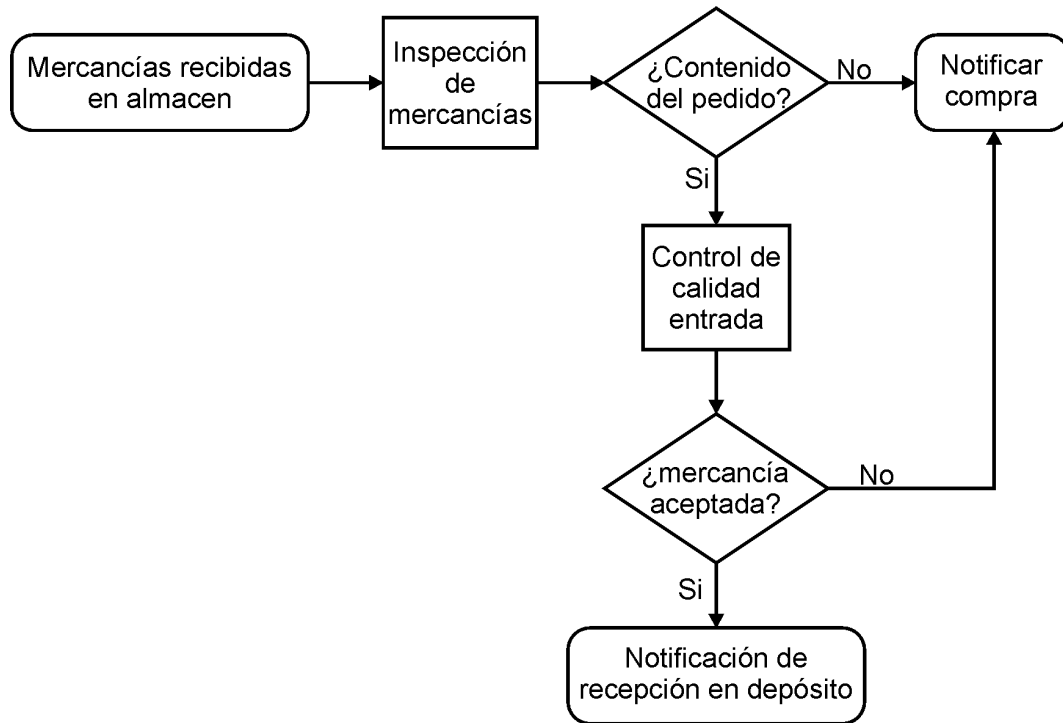
Adicionalmente, los diagramas de flujo facilitan a otras personas la comprensión de la secuencia lógica de la solución planteada y sirven como elemento de documentación en la solución de problemas o en la representación de los pasos de un proceso.

Los diagramas de flujo son considerados en la mayoría de las empresas o departamento de sistema como uno de los principales instrumentos en la realización de métodos y sistemas, ya que permiten la visualización de las actividades innecesarias y verificar si la distribución de trabajo está equilibrada, o sea, bien distribuidas las personas, sin cargarlas de trabajo a algunas y darles holgura a otras.

Los diagramas de flujo también son utilizados cuando queremos asegurarnos que las cosas se harán bien una y otra vez, o cuando un error pueda costar pérdidas materiales y/o humanas.

Uno de los primeros pasos que realiza un equipo, es buscar la manera de mejorar los procesos para trazar un diagrama de flujo de ese proceso.

Con el diagrama de flujo se constituye un método extremadamente útil para delinear lo que está sucediendo en un momento dado. La siguiente figura representa un ejemplo de este tipo de diagrama.



**Símbolos utilizados en la construcción de un diagrama de flujo**

Símbolo	Representa	Símbolo	Representa
	<b>Terminal:</b> Indica el inicio o terminación del flujo del proceso		<b>Operación:</b> Representa una actividad llevada en el proceso
	<b>Decisión:</b> Indica un punto en el flujo en que se produce una bifurcación del tipo "si", "No".		<b>Almacenamiento:</b> Se utiliza para guardar algo en forma permanente o temporal
	<b>Multidocumento:</b> Refiere a un conjunto de documentos. Un ejemplo es un expediente que agrupa a distintos documentos		<b>Documento:</b> Se refiere a un documento utilizado en el proceso. Se utilice, se genere o salga del proceso.
	<b>Conector de proceso:</b> Conexión o enlace con otro proceso diferente.		<b>Demora:</b> Representa la demora, retraso, interrupción en un proceso
	<b>Base de datos:</b> Empleado para representar la grabación de datos.		<b>Línea de flujo:</b> Proporciona indicación sobre el sentido de flujo del proceso

## Elaboración del Diagrama de Flujo

El diagrama de flujo debe ser realizado por un equipo de trabajo en el que las distintas personas aporten, en conjunto, una perspectiva completa del proceso, por lo que con frecuencia este equipo será multifuncional y multijerárquico.

- Determinar el proceso a diagramar.
- Definir el grado de detalle. El diagrama de flujo del proceso puede mostrar a grandes rasgos la información sobre el flujo general de actividades principales, o ser desarrollado de modo que se incluyan todas las actividades y los puntos de decisión. Un diagrama de flujo detallado dará la oportunidad de llevar a cabo un análisis más exhaustivo del proceso.
- Identificar la secuencia de pasos del proceso. Situándolos en el orden en que son llevados a cabo.
- Construir el diagrama de flujo. Para ello se utilizan determinados símbolos. Cada organización puede definir su propio grupo de símbolos. En la figura siguiente se muestra un conjunto de símbolos habitualmente utilizados. Al respecto cabe decir que en la figura “Conector de proceso” es frecuentemente utilizado un círculo como símbolo.
- Revisar el diagrama de flujo del proceso.

### 1.5.6 Tormenta de ideas

La tormenta de ideas también llamado “Brainstorming” es una herramienta por medio de la cual se puede potenciar la participación y creatividad de un grupo de personas, enfocándolas hacia un objetivo común. Esta herramienta creada en el año de 1941 por Alex Osborne, cuando se buscaba de ideas creativas resulto en un proceso interactivo de grupo no estructurado de “lluvia de ideas” que generaba más y mejores ideas que las que los individuos podrían producir trabajando de forma independiente.

Resume los pasos y recomendaciones que permiten asegurarse que la distorsión de estos dos factores, creatividad y participación, sea mínima durante la sesión, y que los procesos de innovación, asociación y ampliación de ideas se desarrollen correctamente.

Así si definimos la tormenta de ideas podemos decir que es una técnica de grupo que permite la obtención de un gran número de ideas sobre un determinado tema de estudio.

Luego entonces la tormenta de ideas tiene dos características principales, las cuales son:

**Participación.-** Favorecen la intervención múltiple de los participantes, enfocándola hacia un tema específico, de forma estructurada y sistemática.

**Creatividad:** Las reglas a seguir para su realización favorecen la obtención de ideas innovadoras. Estas son en general, variaciones, reordenaciones o asociaciones de conceptos e ideas ya existentes.

### ¿Cuándo se utiliza?

Se deberá utilizar la tormenta de ideas cuando exista la necesidad de:

- Liberar la creatividad de los equipos.
- Generar un número extenso de ideas.
- Involucrar a todos en el proceso.
- Identificar oportunidades para mejorar.

### Procedimiento para utilizar la tormenta de ideas

#### Paso 1.- Elegir un coordinador

El grupo de trabajo o el responsable del estudio designará a una persona para dirigir y coordinar la sesión de Tormenta de Ideas.

#### Paso 2.- Definición del enunciado del tema de la Tormenta de Ideas

El enunciado del tema a tratar se definirá con anterioridad a la realización de la sesión de trabajo. Esto permite la preparación de la misma por los componentes del grupo.

El enunciado debería ser:

**Específico:** Para que no sea interpretado de forma diferente por los componentes del grupo de trabajo, y para que las aportaciones se concentren sobre el verdadero tema a analizar.

**No sesgado:** Para no excluir posibles líneas de análisis sobre el tema a estudiar.

Es conveniente definirlo por escrito, especificando lo que incluye y lo que excluye.

#### Paso 3.- Preparar la logística de la sesión

Preparar, con anterioridad a la sesión, superficies y material de escritura idóneos. Tiene las siguientes ventajas:

- Permite escribir todas las ideas aportadas de forma que sean claramente visibles a lo largo de la sesión.
- Ayuda a mantener un ritmo constante durante toda la sesión.
- Favorece el trabajo de ordenación y clasificación de ideas.

#### Paso 4.- Introducción a la sesión

- a) Escribir el enunciado del tema de forma que sea visible a todos los participantes durante la sesión.
- b) Comentar las reglas conceptuales de la Tormenta de Ideas:
  - El pensamiento debe ser creativo.
  - No se admiten críticas y comentarios a las ideas ajenas, ni se admiten explicaciones a las propias. Se anotarán todas las ideas incluso las duplicadas.
  - Se debe hacer asociación de ideas, esto es, modificarlas, ampliarlas, combinarlas o crear otras nuevas por asociación.
- c) Comentar las reglas prácticas:
  - Las aportaciones se harán por turno.
  - Se aportará sólo una idea por turno , y así no olvidar ideas entre turnos, es conveniente anotarlas.
  - Cuando en un turno no se disponga de ideas se puede "pasar" y reincorporarse en el turno siguiente

### **Paso 5.- Preparación de la atmósfera adecuada**

Cuando la actitud o las condiciones del grupo no son las adecuadas se puede realizar una Tormenta de Ideas de "entrenamiento":

- Elegir como tema neutral uno que distienda el ambiente de la sesión.
- La duración será breve, de 5 a 10 minutos.

### **Paso 6.- Comienzo y desarrollo de la Tormenta de Ideas**

Establecer el turno a seguir señalando el participante que debe comenzar.

Iniciar el proceso aportando las ideas por turno y observando las reglas anteriormente descritas.

Cuando se llega a un punto del desarrollo en que el volumen de ideas aportado decrece apreciablemente, se hará una ordenación o una lectura de las ideas aportadas, produciéndose generalmente una segunda fase creativa.

### **Paso 7.- Conclusión de la Tormenta de Ideas**

La Tormenta de Ideas se dará por finalizada cuando ningún participante tenga ideas que aportar.

El resultado de la sesión será una lista de ideas que contiene, generalmente, más ideas nuevas e innovaciones que las listas obtenidas por otros medios.

### **Paso 8.- Tratamiento de las ideas**

Para su correcta interpretación, la lista de ideas obtenida, se tratará de la siguiente forma:

- Explicar las ideas que ofrecen dudas a algún participante.



- Eliminar ideas duplicadas.
- Agrupar las ideas según criterios de ordenación adecuados, para poder simplificar el desarrollo del trabajo posterior.

### **Interpretación de la tormenta de ideas**

La Tormenta de Ideas es una puesta en común de las ideas de los componentes de un grupo sobre un tema en estudio. La información que de su utilización se extrae es una lista de posibilidades que serán el punto de partida para continuar el análisis. La Tormenta de Ideas no proporciona respuestas a preguntas.

Posibles problemas y deficiencias de interpretación

- a) La más grave de las posibles falsas interpretaciones de una Tormenta de Ideas es confundir las ideas resultantes con los datos reales, por lo que la lista de ideas obtenida debe ser punto de partida para ulteriores evaluaciones o análisis.
- b) Deficiencias en el enunciado, que impiden posiblemente la aportación de ideas nuevas y creativas en relación al problema real a analizar.
- c) Deficiencias y falta de respeto a las reglas durante la realización de la Tormenta de Ideas, que también causan sesgo en la lista resultante.

### **Utilización en las fases de un proceso de solución de problemas**

Durante un proceso de solución de problemas hay cuatro puntos en los que la realización de una Tormenta de Ideas puede ser muy útil:

- Durante la definición de proyectos, para obtener una lista de posibles proyectos de mejora a abordar.
- Durante la fase de diagnóstico del problema, para obtener una lista de teorías sobre las causas de dicho problema.
- Durante la fase de solución, para conseguir nuevas ideas sobre posibles soluciones al problema.
- Para identificar posibles fuentes de resistencia a la implantación de las soluciones propuestas.

### **Relación con otras herramientas de la calidad**

La lluvia de ideas generalmente se relaciona con:

Diagrama de afinidad

Diagrama de causa efecto

Diagrama de relaciones

Hoja de verificación

Técnica de grupo nominal

## 1.5.7 Porque - porque

Los 5 por qué es un método seguido para identificar y profundizar en las causas que originan un problema y encontrar, en el mismo nivel de profundidad, las soluciones correspondientes.

### ¿Qué es?

Los Cinco Por Qués es una técnica sistemática de preguntas utilizada durante la fase de análisis de problemas para buscar posibles causas principales de un problema.

Durante esta fase, los miembros del equipo pueden sentir que tienen suficientes respuestas a sus preguntas.

Esto podría convertirse en un inconveniente al identificar las causas principales más probables del problema debido a que no se ha profundizado lo suficiente.

La técnica requiere que el equipo de trabajo pregunte “Por Qué” al menos cinco veces, o trabaje a través de cinco niveles de detalle.

Una vez que sea difícil para el equipo responder al “Por Qué”, la causa más probable habrá sido identificada.

### ¿Cuándo se utiliza?

Al intentar identificar las causas principales más probables de un problema.

### ¿Cómo se utiliza?

1. Realizar una sesión de Lluvia de Ideas normalmente utilizando el modelo del Diagrama de Causa y Efecto.
2. Una vez que las causas probables hayan sido identificadas, empezar a preguntar “¿Por qué es así?” o “¿Por qué está pasando esto?”
3. Continuar preguntando Por Qué al menos cinco veces. Esto reta al equipo a buscar a fondo y no conformarse con causas ya “probadas y ciertas”.
4. Habrá ocasiones en las que se podrá ir más allá de las cinco veces preguntando Por Qué para poder obtener las causas principales.
5. Durante este tiempo se debe tener cuidado de NO empezar a preguntar “Quién”.

Es muy importante recordar que el equipo está interesado en las causas del problema y no en las personas involucradas.

### Consejos

Esta técnica se utiliza mejor en equipos pequeños (4 a 8 personas).

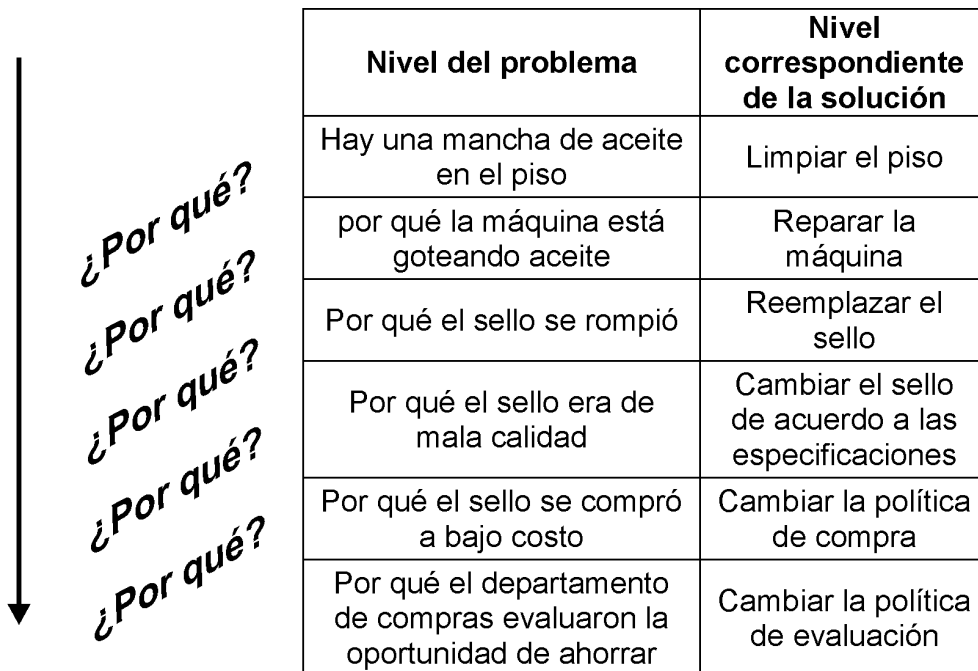
El responsable deberá conocer la dinámica del equipo y las relaciones entre sus miembros.

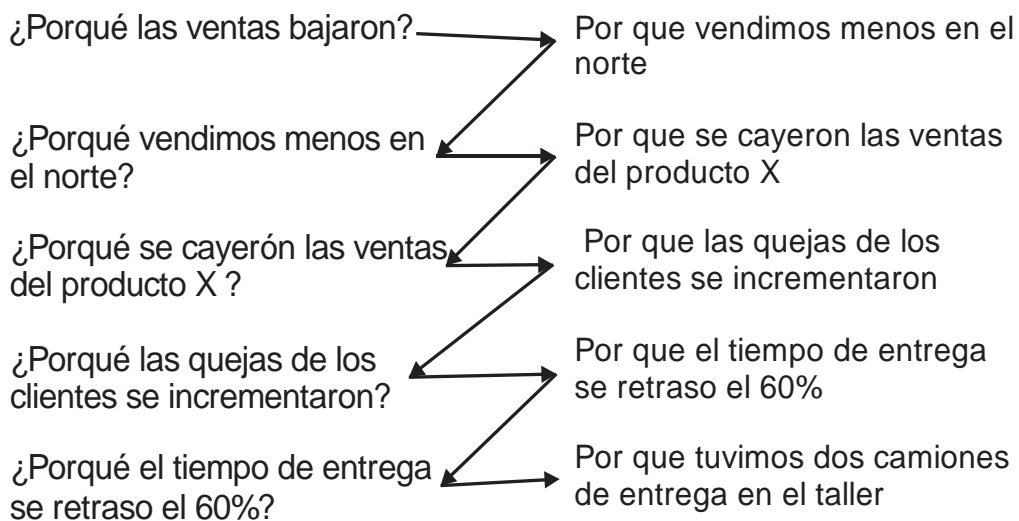
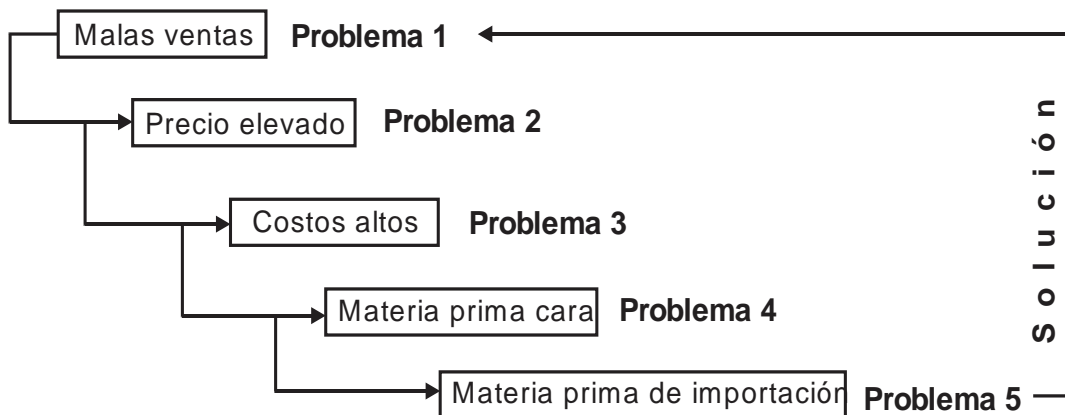
Durante los Cinco Por Qués, existe la posibilidad de que muchas preguntas podrían causar molestia entre algunos de los miembros del equipo, de ahí la importancia de centrarnos en las causas del problema y no en las personas que lo originaron.

**Un ejemplo de utilización**

1. Se descubrió que el monumento de Lincoln se estaba deteriorando más rápido que cualquiera de los otros monumentos de Washington D.C, – ¿Por qué?
2. Porque se limpiaba con más frecuencia que los otros monumentos – ¿Por qué?
3. Se limpiaba con más frecuencia porque había más depósitos de pájaros en el monumento de Lincoln que en cualquier otro monumento – ¿Por qué?
4. Había más pájaros alrededor del monumento de Lincoln que en cualquier otro monumento, particularmente la población de gorriones era mucho más numerosa – ¿por qué?
5. Había más comida preferida por los gorriones en el monumento de Lincoln – específicamente ácaros – ¿por qué?
6. Descubrieron que la iluminación utilizada en el monumento de Lincoln era diferente a la de los otros monumentos y esta iluminación facilitaba la reproducción de ácaros.
7. Cambiaron la iluminación y solucionaron el problema.

Las tres figuras siguientes representan en forma gráfica el empleo de esta técnica con diversas formas de representarlo.





Otra forma de aplicar la técnica es en forma textual, como se presenta en el siguiente ejemplo:

Ejemplo A: "Máquina detenida"

- 1) ¿Por qué se detuvo la máquina? (se quemó un fusible por una sobrecarga).
- 2) ¿Por qué hubo una sobrecarga? (no había suficiente lubricación en los rodamientos).
- 3) ¿Por qué no había suficiente lubricación? (la bomba no estaba bombeando lo suficiente).
- 4) ¿Por qué no estaba bombeando suficiente lubricante? (el eje de la bomba estaba vibrando como resultado de la abrasión).
- 5) ¿Por qué había abrasión? (no había filtro, lo que permitía el paso de partículas a la bomba)

La instalación de un filtro resolvió el problema

## 1.5.8 Cómo - Cómo

Este diagrama se usa cuando se está tratando de crear una solución práctica a un problema. Y se utiliza como una forma de explorar los detalles de un plan.

### ¿Cómo se usa

El diagrama utiliza tarjetas que pueden ser notas Post-It, fichas o cajas en una aplicación informática, como Powerpoint. Cuando se trabaja con un grupo se necesitará área de la pared en la que se van a colocar las notas con una hoja grande de papel o en una pizarra en la que basarse.

### Estado problema

Indique claramente su problema y escríbalo en una tarjeta. Asegúrese de que el problema se escribe como una "necesidad", por lo que el "cómo" en cuestión funcionará. Poner la tarjeta en el medio de la izquierda de la zona de trabajo. Cuando se trabaja con un grupo de personas, asegúrese de que todos tienen muy claro el significado.

### Pregunta: ¿Cómo puede hacerse esto?

Hacerse esta pregunta debería dar lugar a varias soluciones posibles, que puede grabar en tarjetas (una por tarjeta) y se adhieren a la derecha de la tarjeta de problema.

Tenga en cuenta que no puede haber relaciones booleanas entre ellos - es decir, algunas pueden ser alternativas y otras necesarias para pasar, así como tarjetas solución. Mostrar éstos, ya sea por el uso de colores diferentes de tarjetas o por la escritura 'y' o 'o', como en el ejemplo siguiente.

Puede dibujar en las líneas de conexión en esta etapa, pero si tiene que cambiar las cartas para hacer espacio, éstos estarán fuera de lugar. A menudo es mejor dejar la línea de dibujo hasta más tarde.

### Repetir y concluir

Repita el proceso de preguntar "cómo" para cada tarjeta, la creación de una jerarquía.

### Cómo funciona

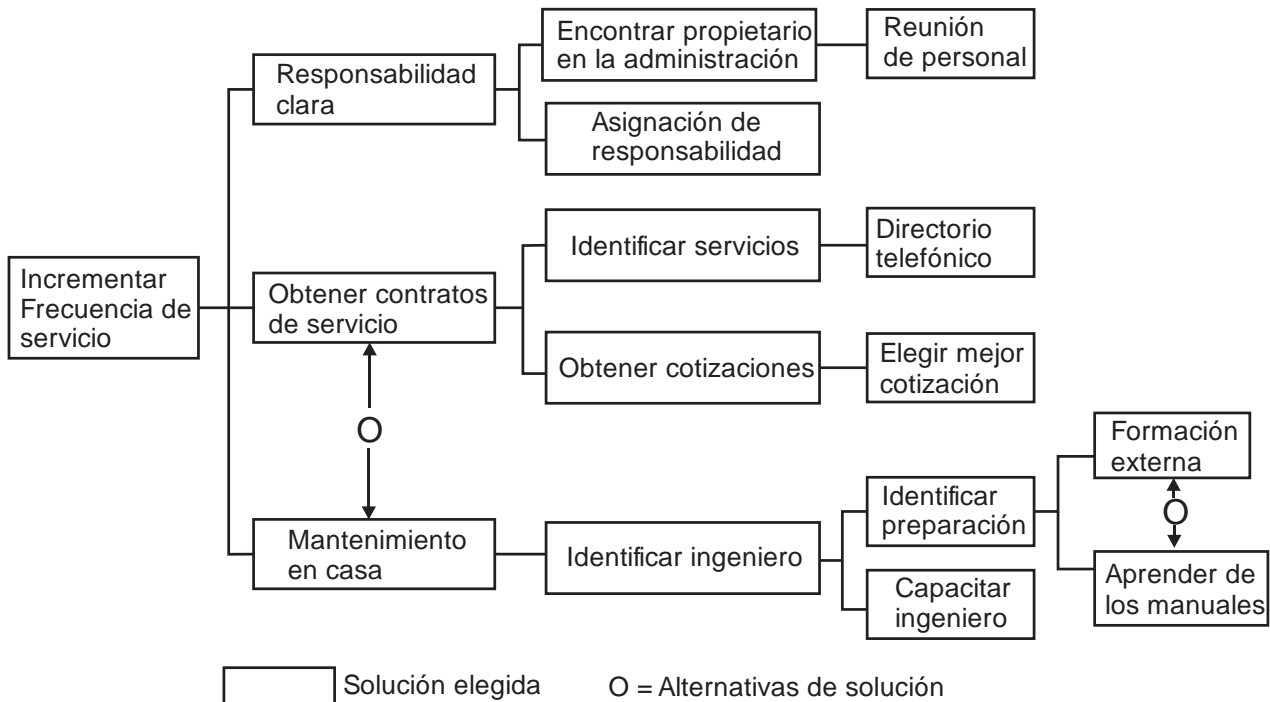
El Diagrama de Cómo - Cómo funciona repetidamente la misma pregunta a un problema, analizando la solución en elementos cada vez más explícito. En cada etapa, puede haber múltiples respuestas a las preguntas "cómo", lo que resulta en una estructura jerárquica de árbol-estructura.

Hacer visible este árbol tiene las siguientes ventajas:

- Permite que un grupo de personas para compartir el modelo mental de la situación y por lo tanto trabajar más armoniosamente en él.

- Permite volver a examinar las partes del análisis, lo que puede cambiar, suprimir o añadir a ella en cualquier momento. Esto apoya la forma no lineal en la que tendemos a pensar.
- Te permite no conscientemente seguir algunos caminos, cavar sólo en las áreas más probables.

La siguiente figura representa un ejemplo de este tipo de diagrama.



### 1.5.9 W una H (5W + H)

La 5W+H es una metodología de análisis empresarial que consiste en contestar seis preguntas básicas: qué (WHAT), por qué (WHY), cuándo (WHEN), dónde (WHERE), quién (WHO) y cómo (HOW). Esta regla creada por Lasswell (1979) puede considerarse como una lista de verificación mediante la cual es posible generar estrategias para implementar una mejora.

Hoy en día las empresas deben ser cada vez más eficientes y efectivas, de manera de optimizar la calidad y el precio de los servicios o productos que brinda a sus clientes para ser competitivas y así mantener o aumentar su llegada al mercado. Una forma de mejorar estos parámetros es mediante la aplicación de la mejora en sus procesos.

Podemos decir entonces que los 5 W (los 5 Porqués en español) es un método de hacer preguntas para explorar las relaciones de causa-efecto subyacente a un problema

particular. El objetivo de la aplicación del método 5 Porqués es determinar la causa raíz de un defecto o problema.

Ejemplo:

En el ejemplo siguiente se muestra el proceso básico:

- Mi coche no arranca. (El problema)
  - 1) 1 ¿Por qué? - La batería está muerta. (Primero por qué)
  - 2) ¿Por qué? - El alternador no está funcionando. (Segundo por qué)
  - 3) ¿Por qué? - La correa del alternador se ha roto. (Tercera por qué)
  - 4) ¿Por qué? - La correa del alternador estaba más allá de su vida útil de servicio y nunca ha sido reemplazado. (¿Por qué Cuarta)
  - 5) ¿Por qué? - No he estado manteniendo mi coche según el servicio recomendado programar. (¿Por qué la Quinta, la causa raíz)

Esta herramienta es útil en cualquier situación que necesite comprenderse más concretamente.

Las cuestiones que deben analizarse en las 5W y 1H son:

<b>Qué</b>	- Objeto de la producción
<b>Quién</b>	- Agentes de la producción
<b>Cuándo</b>	- Tiempo o secuencia
<b>Dónde</b>	- Espacio o lugar
<b>¿Cómo?</b>	- Métodos

Preguntar las cinco cuestiones 5W y 1 H sobre los hechos de la situación, y anotar las observaciones en un registro es sumamente importante ya que nos muestra una clara descripción de los hechos de la situación para evitar cometer errores?

La técnica fue desarrollada originalmente por Sakichi Toyoda y fue utilizado más adelante en Toyota Motor Corporation durante la evolución de los métodos de fabricación. Es un componente crítico solución de problemas en el proceso de capacitación del Sistema de Producción Toyota. El arquitecto del sistema de producción de Toyota, Taiichi Ohno, describió el método 5 porqués como "... la base del enfoque científico de Toyota ... por repetición del ¿por qué? cinco veces, la naturaleza del problema así como su solución se vuelve claro. "La herramienta ha tenido un uso extendido más allá de Toyota, y ahora también se utiliza en Six Sigma.

La siguiente tabla nos muestra una serie de preguntas que podemos hacer en las 5W y también en la 1H.

5W + 1H	
What ¿Qué?	Why ¿Porqué?
¿Qué se hace ahora? ¿Qué se ha estado haciendo? ¿Qué debería hacerse? ¿Qué otra cosa podría hacerse? ¿Qué otra cosa debería hacerse?	¿Por qué se hace así ahora? ¿Por qué debe hacerse? ¿Por qué hacerlo en ese lugar? ¿Por qué hacerlo en ese momento? ¿Por qué hacerlo de esta manera?
Who ¿Quién?	Where ¿Dónde?
¿Quién lo hará? ¿Quién lo esta haciendo? ¿Quién debería estarlo haciendo? ¿Quién otro podría hacerlo? ¿Quién más debería hacerlo?	¿Dónde se hará? ¿Dónde se está haciendo? ¿Dónde debería hacerse? ¿En que otro lugar podría hacerse? ¿En que otro lugar debería hacerse?
When ¿Cuándo?	How ¿Cómo?
¿Cuándo se hará? ¿Cuándo se terminará? ¿Cuándo debería hacerse? ¿En qué otra ocasión podría hacerse? ¿En qué otra ocasión debería hacerse?	¿Cómo se hace actualmente? ¿Cómo se hará? ¿Cómo debería hacerse? ¿Cómo usar este método en otras áreas? ¿Cómo hacerlo de otro modo?

## Diagrama de flechas

El Diagrama de flechas es una herramienta muy similar al PERT (Critical Method Path), la diferencia fundamental es que tratándose de un método muy simplificado puede ser utilizado por la mayoría de las personas de la organización. Muchas personas conocen la existencia de PERT o el CPM, pero solo una pequeña parte de ellas lo utilizan debido a su complejidad. El diagrama de flechas muestra los caminos paralelos existentes a la hora de desarrollar una actividad. El propósito de esta herramienta es determinar cuál es el tiempo mínimo posible en la realización de un proyecto, representando gráficamente todas aquellas actividades que pueden realizarse simultáneamente.

Definiendo el diagrama de flechas podemos decir que es una representación gráfica en forma de “red” de las secuencias lógicas de actividades necesarias para realizar un proyecto.

Definiendo el método PERT es un método de planificación de proyectos, basado en el Diagrama de Flechas y enfocado a la evaluación de los tiempos y de la probabilidad de completar el proyecto, dentro de los parámetros de tiempo definidos.

Así también definiendo el método CPM (CRITICAL PATH METHOD, por sus siglas en inglés o Método del Camino Crítico) es un método de planificación de proyectos, basado



en el Diagrama de Flechas y enfocado a la optimización simultanea de los tiempos y de la distribución de recursos entre las actividades que constituyen el proyecto.

A continuación se comentan una serie de características, comunes a las tres herramientas, que ayudan a comprender su naturaleza fundamental.

**Enfoque lógico:** La utilización de estas herramientas obliga a una planificación completa y disciplinada del proyecto.

**Impacto visual:** Proporcionan una visión global, clara y ordenada de la secuencia de actividades necesarias para llevar a cabo un proyecto, de sus interdependencias lógicas y de otros aspectos relevantes (tiempos, costos, etc), facilitando la comprensión y comunicación del plan.

**Priorización:** Permiten ordenar las áreas y actividades involucradas en el proyecto según su relevancia en el cumplimiento del plan.

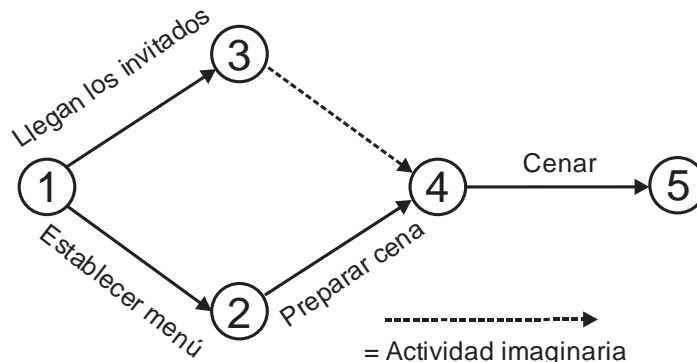
Ahora definiremos algunos elementos que conforman estas herramientas:

Un **evento** o **hito**, tal como se utiliza en el Diagrama de Flechas, es el punto de comienzo o de término de un trabajo. Representa una situación y no consume, ni tiempo ni otros recursos. Un evento o hito se considera sucesor (predecesor) de otro, cuando lo sigue (precede) directamente, sin que exista un hito intermedio.

Una **actividad** es la ejecución real de la tarea, y consume tiempo y otros recursos. En un Diagrama de Flechas, las actividades representan el trabajo necesario para pasar de un acontecimiento al siguiente. Por ejemplo:

Hitos	Actividades
Carta acabada	Escribir carta
Inicio cena	Preparar cena
Inicio partido de futbol	Partido de futbol
Etc.	Etc.

**Actividad imaginaria** es la representación gráfica, en forma de actividad, de la dependencia lógica entre dos actividades (una no puede comenzar antes que se haya acabado la otra). No comportan verdadero trabajo y tienen una duración igual a cero.



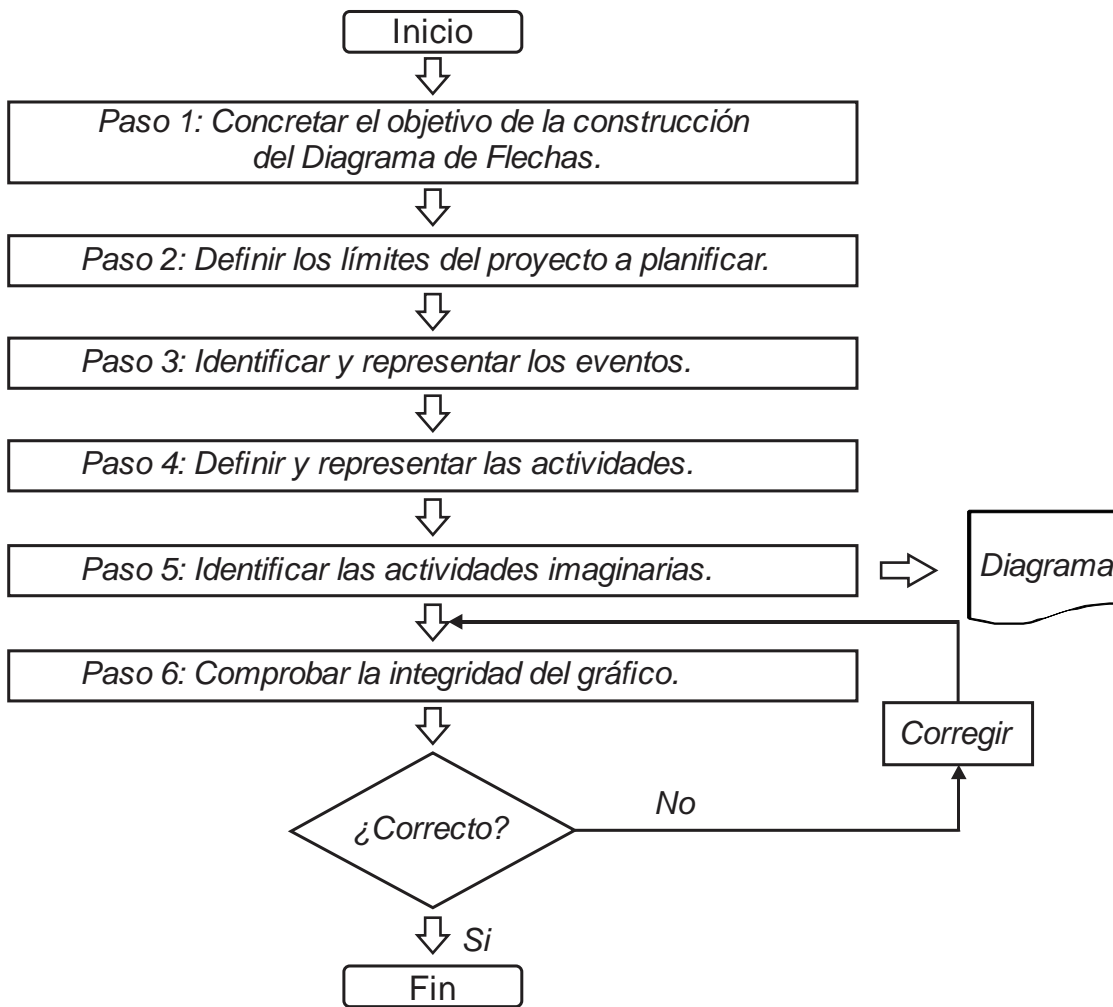
**Holgura** la holgura de un evento o hito indica el margen de seguridad de tiempo de que se dispone para alcanzarlo, sin comprometer el plan de marcha del proyecto.

### Construcción del Diagrama de Flechas

La construcción de un Diagrama de Flechas se basa en las siguientes ideas clave:

- Para pasar de un evento a otro, hay que completar la actividad que une los dos eventos.
- No puede terminarse ninguna actividad hasta que el evento que le precede haya tenido lugar.
- Ningún evento puede considerarse como alcanzado hasta que todas las actividades que conducen al mismo estén terminadas.

El Diagrama de Flechas se construirá tal y como se explica en los pasos del siguiente diagrama de flujo.



### **Paso 1: Concretar el objetivo de la construcción del Diagrama de Flechas**

Es importante identificar claramente para qué tipo de decisiones se utilizará el Diagrama de Flechas, puesto que el objetivo de la construcción influirá sobre el grado de detalle del Diagrama, la elección de los puntos clave (hitos) del proyecto, y, naturalmente sobre la oportunidad de realizar un análisis PERT o CPM.

### **Paso 2: Definir los límites del proyecto a planificar**

Determinar el evento inicial y el evento final del proyecto.

### **Paso 3: Identificar y representar los eventos**

Los hitos han de ser puntos notables y significativos del proyecto, dependiendo su número del grado de detalle requerido. Hay que procurar mantener el mismo nivel de detalle en todo el Diagrama, es decir en cada fase o área del proyecto.

Cada evento N se representará con un número en un círculo.

Aunque los números no representen el orden secuencial de los eventos, se procurará asignarlos de forma que cada uno tenga un número inferior a todos sus hitos sucesores.

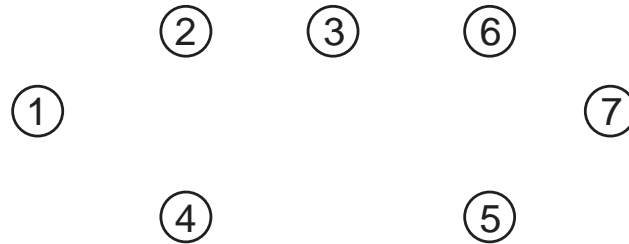
El evento inicial se designará con 1.

Respecto a la disposición gráfica de los hitos, se debe considerar que el flujo lógico irá de izquierda a derecha.

Se empezará entonces, dibujando en el extremo izquierdo de la hoja el primer evento del proyecto, disponiendo luego sus eventos sucesores a su derecha, y así sucesivamente.

Eventos o cadenas de eventos independientes y paralelos se dispondrán uno debajo del otro. Por ejemplo:

Eventos
1. Aprobación lanzamiento nuevo producto.
2. Finalización diseño del producto.
3. Finalización fabricación y test prototipo.
4. Finalización estudio y planificación publicidad.
5. Finalización planificación de ventas.
6. Finalización preparación para la fabricación.
7. Lanzamiento nuevo producto.

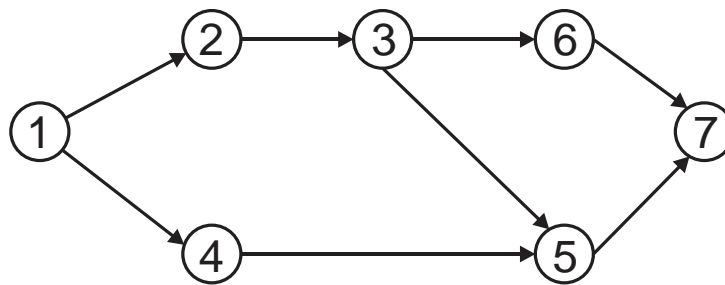


**Paso 4: Definir y representar las actividades**

Conectar cada evento con todos sus sucesores por medio de flechas. Las flechas indicarán el sentido de la secuencia lógica (hacia la derecha).

Cada actividad se identificará como “Aij”, sustituyendo “i” por el número correspondiente al evento de comienzo de la actividad y por “j” por el número correspondiente al que finaliza la actividad.

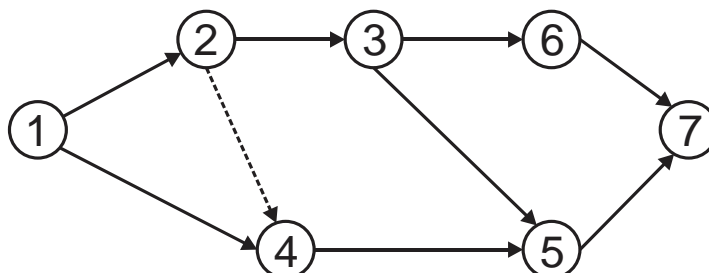
Recopilar una lista-leyenda de las actividades, definiendo el trabajo al que corresponden. Por ejemplo



Actividades	
A <sub>1,2</sub> Diseñar producto	A <sub>1,4</sub> Analizar y planificar publicidad
A <sub>2,3</sub> Fabricar y diseñar prototipo	A <sub>4,5</sub> Planificar ventas
A <sub>3,5</sub> Distribuir muestras	A <sub>3,6</sub> Planificar para producción
A <sub>5,7</sub> Preparar red comercial	A <sub>6,7</sub> Fabricar producto

**Paso 5. Identificar las actividades imaginarias**

Evidenciar las dependencias lógicas, que no comportan trabajo, conectando los dos eventos con una flecha discontinua. Por ejemplo:

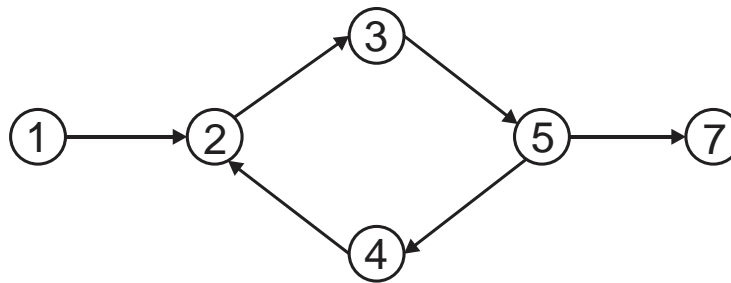


A<sub>2,4</sub> Actividad imaginaria, representa el hecho , de que no se puede comenzar a planificar ventas, hasta que no se haya completado el diseño del producto.

### Paso 6: Comprobar la integridad del gráfico

- a) Comprobar, para cada evento, que sus eventos predecesores y las actividades que los conectan son efectivamente suficientes para alcanzarlo.
- b) Comprobar que el Diagrama no contenga "mallas cerradas". Estas representan situaciones imposibles y anulan la utilidad del Diagrama.

El problema tiene su origen, en una mala identificación y/o definición de uno de los eventos o una de las actividades, que componen la "malla cerrada". Por ejemplo en la siguiente gráfica 1, 3, 4 y 2 forman una "malla cerrada" destruyendo la secuencia lógica del diagrama.



### Interpretación

El Diagrama de Flechas proporciona información de gran relevancia para la toma de decisiones a lo largo de un proyecto. Sin embargo es una "herramienta", y como tal, ayuda al que toma la decisión en su labor, no toman nunca la decisión por él.

### Matriz de análisis de datos

Ayuda a revelar las interrelaciones entre dos o más filas respecto a las características (conocidas como dimensiones) de la calidad del producto o del proceso. La Matriz Análisis de Datos es también conocida como Matriz de Priorización, ya que en ella se identifican las actividades prioritarias o sea que, deben resolverse inmediatamente, tomando como base un determinado criterio. Se hace a una matriz de relación donde se identifica cuáles son las actividades de mayor impacto. La diferencia es que la matriz de priorización utiliza como base un criterio (recurso financiero, costo, tiempo, etc.) para encontrar dichas actividades; en cambio la matriz de relación las encuentra con base en relaciones causales. La matriz de priorización es de gran ayuda, ya que determina la secuencia de pasos a seguir y también la asignación de recursos limitados.

En la elaboración de esta matriz, se parte del conjunto de elementos y del criterio de priorización, se continua determinando la importancia de cada problema, comparando cada elemento con todos los demás y dándole un peso. Al final, se suma el total de renglones y el número más alto es el problema con mayor impacto, según el criterio tomado para evaluar. Debemos tomar en cuenta que la matriz es solo un auxiliar en la toma de decisiones, por lo tanto no debemos basarnos ciegamente en ella. Si los resultados no parecen lógicos, puede volverse a desarrollar. Por otro lado ayuda a reducir el número de elementos iniciales, dejando los más importantes.

Desarrollar esta matriz implica la determinación de:

- Los criterios para evaluar.
- El peso de cada criterio.
- La forma de calificar.

### **Pasos para realizar su construcción**

1. Reunir un equipo apropiado.
2. Establecer el objetivo principal a alcanzar y las opciones que ayuden a lograrlo.
3. Generar los criterios por los que se juzgarán las opciones.
4. Juzgar cada criterio contra todos los demás. Comparar cada uno de ellos contra los demás por medio de la siguiente escala:
 

10 = Mucho más importante	5 = Más importante
1 = Igual	1/5 = Menos importante
1/10 = Mucho menos importante	
5. Comparar entre si las opciones para todos los criterios retenidos. Se pueden emplear reglas de 80/20 (Pareto) para elegir los criterios
6. Comparar cada opción con base en todos los criterios combinados.

Ejemplo:

Un equipo requiere elegir a un gerente para un programa de capacitación. El equipo emplea la primera matriz para comparar entre sí todos los criterios. Estos criterios incluyen capacidades de liderazgo y de comunicación, conocimiento técnico y muchos otros. Se considera que los tres primeros son lo bastante importantes para retenerlos durante el resto del proceso de prioridades.

El equipo emplea la segunda matriz para comparar entre si todas las opciones (en este caso, candidatos).

Se emplea una matriz para comparar a los candidatos entre sí con base en su capacidad de liderazgo. Luego se utiliza otra matriz para compararlas según las capacidades de comunicación. Luego se usa la tercera matriz para compararlos respecto a los conocimientos técnicos.

La matriz final proporciona la clasificación de los seis candidatos. La clasificación final de los candidatos es la suma de sus clasificaciones para cada criterio (desde la segunda matriz) multiplicada por el valor del criterio (primera matriz).

Criterios						Peso esp. Total
L	C	TK	...	Cn		
Liderazgo	1	1	1	...	10	0.40
Comunicación	1			...	5	0.28
Conocimientos técnicos	1/5	1			5	0.22
Conocimientos técnicos						
Comunicación						
crit n	##	1/5	1/5			

Liderazgo						Peso esp. Total
P	S	J	R	C		
Parker	1	1	1	5	5	0.29
Smith	1	1	1	5	10	0.42
Jones	1	1	1	1	5	0.2
Ross	1/5	1/5				
Clark	1/5	##				

	razo por	Comunicación por .28	Conoc. Tec. por .22	Peso esp. Total
Parker	0.29	0.20	0.18	0.21
Smith	0.42	0.20	0.15	0.26
Jones	0.20	0.25	0.14	0.18
Ross	0.05	0.15	0.26	0.12
Clark	0.04	0.20	0.27	0.13
				0.90

Opciones vs Criterios

### Gráfica de Programación de Decisiones de Proceso (GPDP)

Según Mizuno (1988), ayuda a determinar qué procesos a utilizar para obtener los resultados deseados mediante la evaluación de la marcha de los acontecimientos y la variedad de resultados posibles. Los planes de ejecución no siempre progresando como se esperaba. Cuando los problemas, técnicos o de otro tipo, surgen soluciones no son con frecuencia aparente. La gráfica de Programación de Decisiones del Proceso es en respuesta a este tipo de problemas, se anticipa a los posibles resultados y prepara medidas que conduzcan a la mejor solución posible.

La GPDP se puede utilizar para

- Establecer un plan de aplicación de la gestión por objetivos
- Establecer un plan de implementación para los temas de desarrollo tecnológico
- Establecer una política de previsión y responder por adelantado a los acontecimientos más importantes previsto en el sistema de
- Implementar medidas para reducir al mínimo las no conformidades en el proceso de fabricación

El diagrama PDPC es una sencilla herramienta gráfica que puede ser utilizado para mitigar

Luego entonces podemos decir que la gráfica de programa de decisión del proceso (GPDP) es una herramienta dinámica de planeación que se emplea para diagramar en forma sistemática todas las posibles cadenas de eventos para alcanzar un objetivo amplio o para implantar una solución compleja.

Se emplea este método cuando existen incertidumbres en un proceso de implantación; por ejemplo, cuando el problema u objetivo es único o desconocido.

Las gráficas de programa de decisión del proceso se clasifican por la herramienta que se emplea:

**“Planeada por adelantado”**: anticipan lo inesperado, esto es antes de la implantación verdadera. En esta se efectúa una tormenta de ideas de todas las distintas posibilidades y se elaboran planes de contingencia con anticipación (son las más usadas).

**“En tiempo real”**: se desarrollan alternativas durante la implantación.

## Procedimiento

1. Reunir el equipo apropiado.
2. Elegir el flujo básico de implantación.
3. Elegir el formato de la gráfica.

**Gráfico**: Combinación de diagrama de árbol y flujograma.

**Descripción**: Lista numerada de eventos y contramedidas

4. Establecer el objetivo principal.
5. Enumerar los pasos del proceso.
6. Determinar contramedidas:

Evaluar las contramedidas donde: **O**= seleccionada **X**= No factible

Ejemplo:

El ejemplo representa una GPDP en formato gráfico. El objetivo final es planear con éxito una reunión fuera de la oficina. Las actividades básicas para implantar este objetivo incluyen reservar una sala de reuniones, verificar las necesidades de equipo audiovisual y coordinar los arreglos de alimentación. En cada paso de la implantación, el equipo presenta una serie de preguntas *¿Qué pasa si...?* Y contramedidas, y se verifica si cada una de las contramedidas es factible. Tal y como se puede apreciar en la figura 1.12.

Si utilizamos el mismo Gráfico de Programación de Decisiones de Proceso en un formato descriptivo tendríamos lo siguiente:



Planeación de una reunión fuera de la empresa	
	1.0 Reservar sala de reuniones
	1.1 Sala de reuniones no disponible
X	1.1.1 Cambiar fecha de la reunión
O	1.1.2 Reservar otro sitio
	2.0 Verificar equipo audiovisual
	2.1 Equipo audiovisual no disponible
O	2.1.1 Rentar equipo audiovisual
O	2.1.2 Reservar otro sitio
	3.0 Efectuar los arreglos de banquetes
	3.1 Banquete no disponible
X	3.1.1 Ordenar a otro proveedor de banquetes
	3.2 Menú no disponible
O	3.2.1 Solicitar un menú distinto
X	3.2.2 Ordenar a otro proveedor de banquetes
X = No factible      O = Seleccionado	

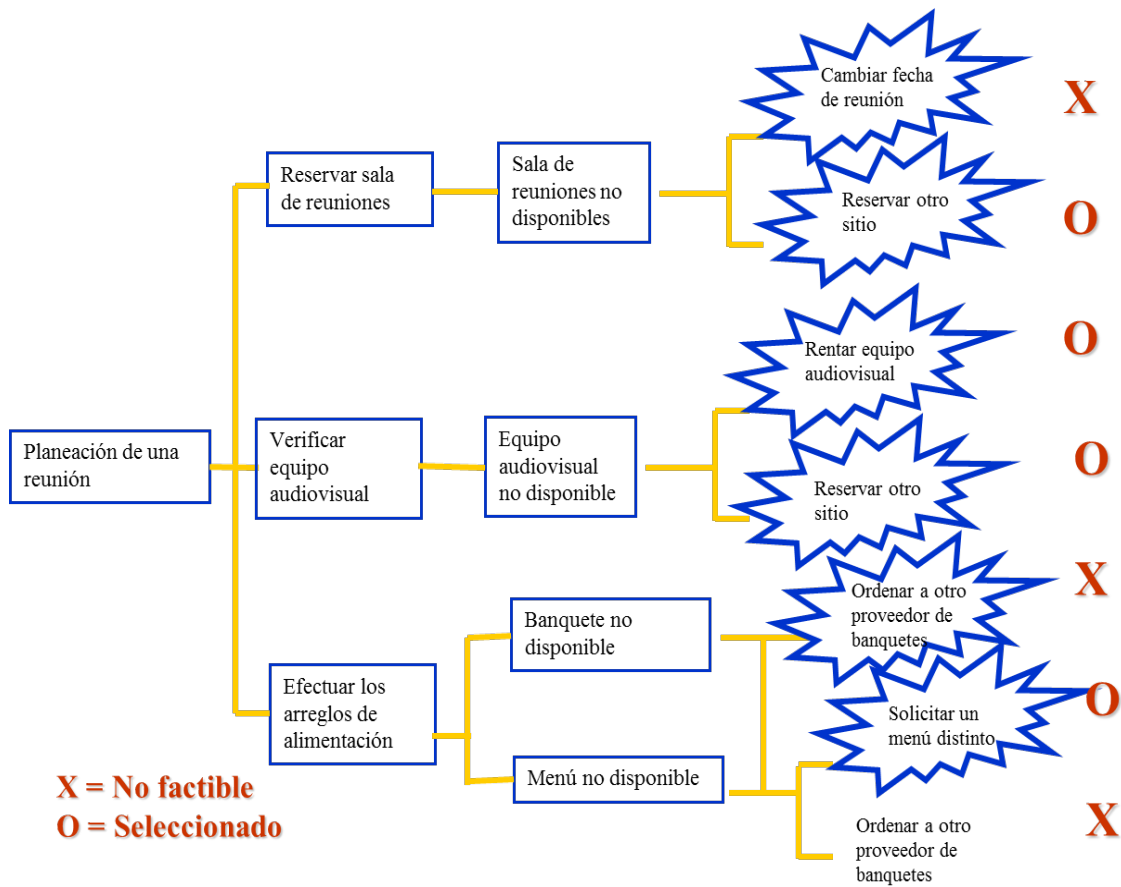


Figura 1.12: Gráfico de Programación de Decisiones de Proceso.

## 1.6 Herramientas Estadísticas

### 1.6.1 Hojas de verificación

Para propósitos de control de calidad por medio de métodos estadísticos, es necesaria la obtención de datos, el control depende de datos y por supuesto, estos datos deben ser correctos y debidamente recolectados. Además, existe la necesidad de establecer relaciones entre causas y efectos dentro de un proceso, con propósitos de control.

La hoja de datos es una forma en la cual todas las partidas necesarias son previamente impresas y sobre la cual, registros de prueba, análisis, control, investigación o inspección son descritos con datos.

Estas hojas sirven simplemente para la obtención de datos estadísticos que posteriormente pueden ser analizados en forma detallada con el fin de llegar a conclusiones relativas de los datos.

#### ¿Qué es la hoja de comprobación?

Para hablar de las hojas de comprobación o verificación es necesario hacer la consideración del Control Estadístico de Calidad como él:

1. Logro estadístico de la calidad.
2. El logro de la calidad con hechos y datos.
3. El logro de los objetivos específicos en cada operación, proceso, función y en la organización como un sistema total; con hechos y datos.

Si bien algunos tipos de hojas de comprobación podrían ser hojas de datos, éstas son llamadas hojas de verificación en lugar de hojas de datos porque su forma es ideada para tener una descripción más fácil y conveniente, sin necesidad de escribir letras o figuras o lo menos posible. Esto es la esencia de una hoja de verificación.

La hojas de verificación es una forma en la cual, todas las partidas necesarias son previamente impresas y sobre la cual, registros de pruebas, análisis, control o inspección son descritas.

La hoja de verificación es una forma fácil y rápida de obtener información para tomar decisiones y acciones inmediatas.

A continuación se muestran algunos los ejemplos 1 y 2 de hojas de datos, y los ejemplos 3 y 4 de hojas de verificación.

Ejemplo No. 1

TALON DE DATOS PARA EL CONTROL DE  
SALDOS DE UNA CUENTA DE CHEQUES

Cheque No. _____	
Fecha:	
A favor de:	
Concepto:	
Saldo anterior:	
Depósito:	
Saldo actual:	
Este cheque:	
Saldo:	

HOJA DE DATOS PARA LA GRAFICA DE CONTROL X- R

Sub-Grupo N (No.)	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$\Sigma X$	$\bar{X}$	R
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
						$\Sigma$ Total		
						Promedio		

HOJA DE VERIFICACION PARA EL MAQUINADO  
DEL ESPESOR DE UNA PLACA

PRODUCTO: Placa

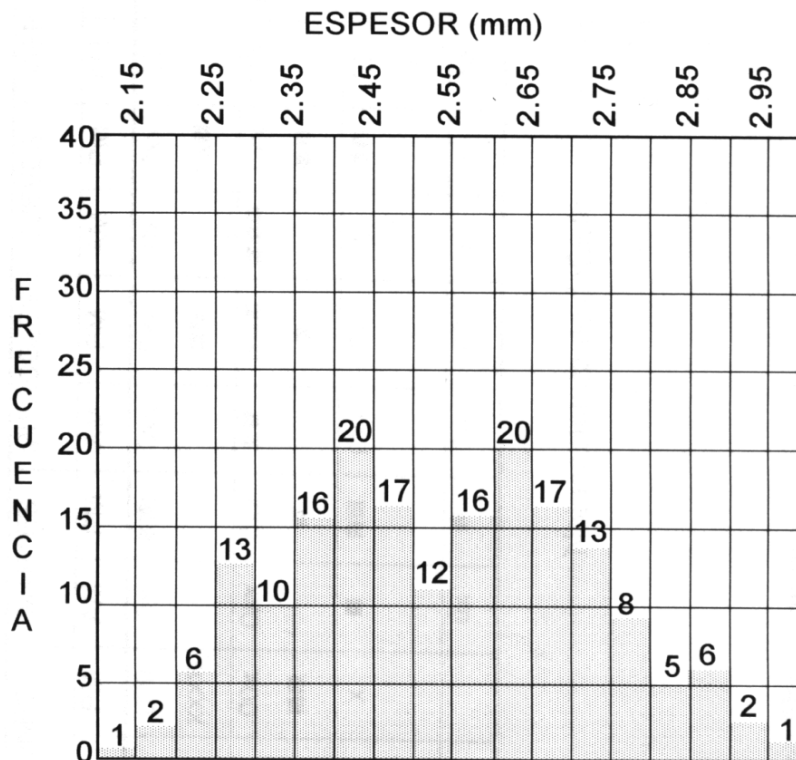
LOTE No: 3 700 piezas

ESPECIFICACION: 2.20 a 2.75 mm.

FECHA: 2 de septiembre de 1986

No. DE INSPECCION: 185 piezas

NOTA: Espesor de placa



Se concluye:

1. El 13.5% de los productos inspeccionados no cumple con las especificaciones.
2. Se tiene una distribución binomial lo que nos indica que existen dos causas potenciales de variabilidad en el proceso.

HOJA DE VERIFICACION DE DEFECTOS EN EL  
DEPARTAMENTO DE INYECCION

PRODUCTO: Impalente PERIODO DE FABRICACION: Semana No. 40  
 PRODUCCION MAQUINA VIEJA: 900 piezas PRODUCCION MAQUINA NUEVA: 1000 piezas

MAQUINA	EXPERIENCIA DEL TRABAJADOR	LUNES		MARTES		MIÉRCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		TOTAL		TOTAL	
		AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM		
TIPO VIEJO	8 AÑOS	0	000 xxx■	0x	■■x	0xx	■	0xx	■	0xx	00	0xx	000	0x■	14	30	44
	2 AÑOS	00x	00x	0xx	0xx	■	■	■	■	■	■	■	0xx	0	17	28	45
TIPO NUEVO	6 AÑOS	0■	x	■	■	0xx	0x	0x	■	00	0x■	000	x	15	14	29	
	2 AÑOS	xx		0x	■	00	■x	0	0■	x	0■	00	00	13	7	20	
TOTAL													59	79	138		

Nomenclatura de defectos: 0 Fuera de especificaciones

x Marcas superficiales

■ Burbuja

**Observación:**

Se puede observar que los rechazos son prevalectentes en las máquinas viejas y particularmente en las tardes.  
 Se concluye:

- 1) Casi el 65% de los productos defectuosos se general por la máquina vieja. 2) En la producción de la máquina vieja, el 65% de los defectivos se ocasionan en el turno vespertino (PM) y ; 3) La experiencia del trabajador no influye decisivamente en los productos defectuosos.

### **Procedimiento de construcción de las hojas de verificación.**

La construcción de las hojas de datos y de verificación se requiere de los siguientes pasos:

1. Establecer claramente el objetivo para la cual serán empleados los datos.
2. Determinar la(s) característica(s) de calidad que va(n) a ser evaluada(s).
3. Determinar los medios por los cuales será(n) medida(s) dicha(s) característica(s). ¿Dónde? ¿cuándo?, ¿por quién? y ¿cómo?
4. En base al muestreo por efectuar y el análisis por realizar, diseñar la hoja incluyendo toda la información necesaria para conocer la fuente de procedencia y facilitar el análisis.
5. Tomar los datos, verificando con una frecuencia adecuada que están siendo tomados en forma correcta (3º paso).

### **¿Para qué sirven las hojas de verificación?**

Las hojas de datos y de verificación se emplean para el análisis, confirmación e investigación del estado que guarda un proceso o las operaciones. Estas hojas son herramientas para simplificar la obtención de datos. Si se trata de obtener demasiada información sobre las hojas de verificación, posiblemente se encontrará que son difíciles de emplear, por lo tanto, éstas deben contener la información esencial en relación al tema en estudio.

Las hojas de datos y verificación sirven para.

- 1) Eliminar las emociones y los sentimientos.
- 2) Las hojas de datos sirven esencialmente para el registro de datos variables.
- 3) Las hojas de verificación sirven para el registro de datos contables.
- 4) Las hojas de verificación sobre la base de datos variables son herramientas para la simplificación de recolección, análisis, juicio y acción oportuna.
- 5) Entender la situación, analizar, controlar, investigar y aceptar o rechazar.

En esencia las hojas de datos y verificación sirven para “encontrar los datos y no creer”.

A continuación se señalan algunos ejercicios que se recomiendan resolver a fin de generar la habilidad práctica en el ejercicio de las hojas de datos y verificación.

#### **Ejercicio No. 1**

Los datos siguientes representan la cantidad de productos defectuosos (jabón) detectados en un período de 15 días, en las máquinas A, B, C.

Diseñe una hoja de datos que muestre la fracción defectuosa por máquina y total y en el orden de mayor a menor fracción defectiva.

Máquinas	Unidades Prod. reales	Unidades Prod. defectuosas
A	13,000	1,200
B	11,000	1,500
C	18,250	950

### Ejercicio No. 2

- 1) Objetivo: Desarrollar una hoja de verificación que muestre la disciplina en el horario de trabajo del personal empleado de confianza.
- 2) Característica de calidad a ser evaluada: Hora de entrada al inicio de la jornada por ser una característica de calidad crítica.
- 3) Medios:
  - a) ¿Dónde?: Considerar la hora de entrada por la puerta principal.
  - b) ¿Cuándo?: Durante una semana hábil por Gerencia y por persona y de acuerdo con un programa preestablecido.
  - c) ¿Quién?: El vigilante en turno registra y reporta.
  - d) ¿Cómo?: a) Destacar 6 rangos de 5 min. Entre 15 minutos antes y 15 minutos después de la hora de entrada y dos rangos más, uno de 15 minutos antes de la hora y otro 15 minutos después de la hora de entrada; b) Por Gerencia y por persona; totalizar la puntualidad así como la severidad del retraso.

### 1.6.2 Diagrama de Pareto

Fue Wilfredo Pareto, sociólogo y economista italiano (1848 a 1923), quien introdujo el método matemático en la economía-política, pero fue J. M. Juran, quien lo introdujo al campo administrativo-industrial, como una técnica de control de calidad, es por ello que este diagrama suele manejarse también como “Diagrama de Pareto o de Juran”, también es conocido como diagrama de vitales y triviales.

En una organización y en cualquier departamento si existen muchos problemas, no hay que adivinar por cuál empezar, simplemente hay que investigar qué clase de problemas existen y seguramente solo existirán pocos problemas vitales.

El diagrama de Pareto gesta la cultura en la mente de cada uno de los integrantes de una Empresa al desarrollar el principio básico de trabajo de “pocas cosas vitales y muchas triviales”. Es una gráfica de barras que muestra los factores sujetos a estudio, de mayor a menor, así como su influencia relativa acumulada, al problema que están provocando.

Podemos definir al diagrama como:

**Diagrama de Pareto** - Es una gráfica que representa en forma ordenada en cuanto a importancia o magnitud la frecuencia de la ocurrencia de las distintas causas de un problema.

Para comprender en esencia la representación gráfica de este diagrama, a continuación se muestra un ejemplo correspondiente al número de artículos defectuosos encontrados al inspeccionar un lote de 2,000 pernos.

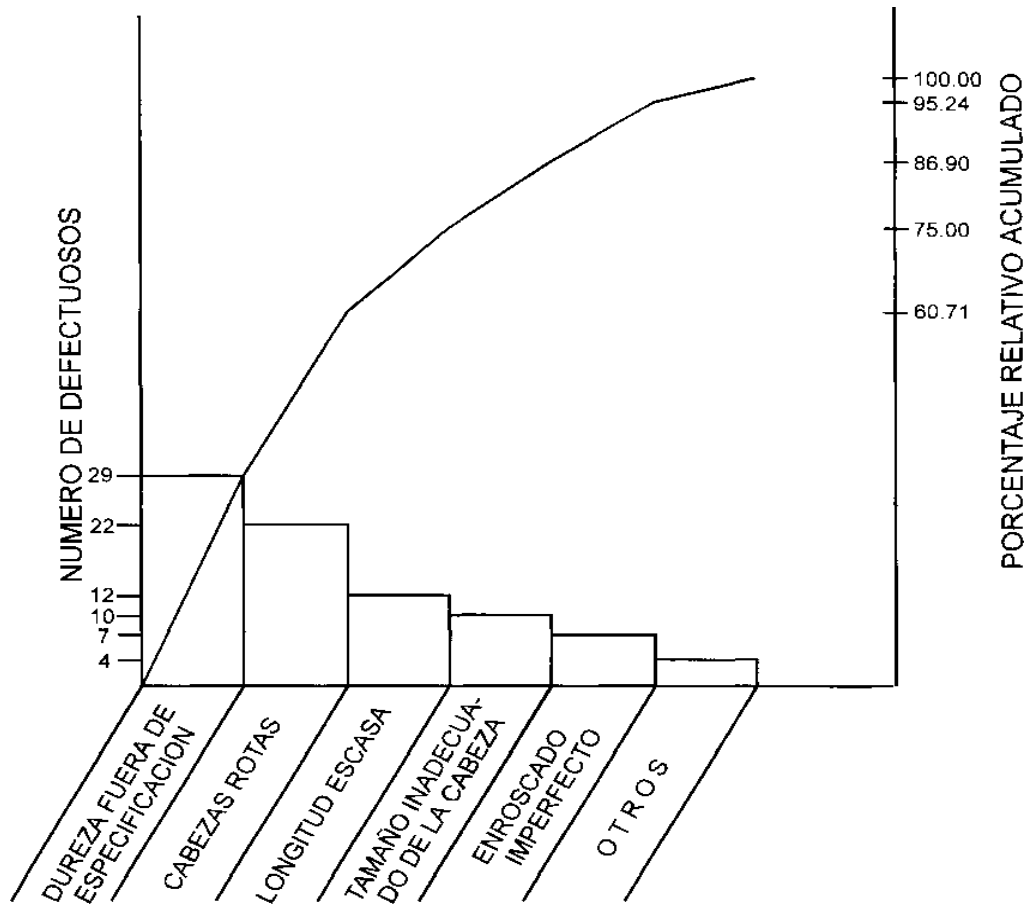


Fig. 1.7 Diagrama de Pareto del número de artículos en un lote de 2,000 pernos.

El eje horizontal indica los tipos de defectos o características fuera de especificación, que son los factores que causan que las piezas se consideren defectuosas.

Cada barra representa un tipo diferente de defecto; y su altura, la frecuencia del defecto o factor correspondiente, localizando al de mayor ocurrencia a la izquierda y por consiguiente al de menor importancia a la derecha.

En este caso, la dureza fuera de especificación es la causa más importante pues contribuye con un 34.52% en el problema. El siguiente factor en importancia es el de las cabezas rotas, pues aporta un 26.19% del efecto. El diagrama de Pareto indica cuál causa del fenómeno debe atacarse primero, en términos de su contribución al problema, para eliminar defectos y mejorar la operación.



### Elaboración de un diagrama de Pareto.

A continuación se describe el procedimiento a seguir para construir un *DIAGRAMA DE PARETO*, ilustrando cada paso con el ejemplo anteriormente dado, de los pernos inspeccionados de un lote de producción.

**Primer paso.** Hacer una lista de los factores o causas potenciales o posibles del problema considerando características fuera de especificación, tipos de defectos, partes o piezas dañadas, fallas en el funcionamiento de las partes que componen el producto, etc. Según la naturaleza del efecto o problema.

En el ejemplo: cabezas rotas, tamaño inadecuado de la cabeza, enroscado imperfecto, longitud escasa, dureza fuera de especificación y algunos factores de menor importancia se resumen en el rubro de “otros”.

**Segundo paso.** Establecer el período de tiempo que se comprenderá en la obtención de datos. No hay un período de tiempo preestablecido, puede ser un mes, una semana, un día, etc. En el caso que nos ocupa el período de tiempo es de un día.

**Tercer paso.** Obtener en dicho período los datos sobre la ocurrencia de cada causa o tipo de defecto, utilizando una hoja de datos (registro), especificando el número total N de piezas o casos inspeccionados.

En la tabla 1.8 se muestra una hoja de datos en donde se recabó la información resultante de la inspección de los 2,000 pernos fabricados en un día.

**Cuarto paso.** Con base en lo recabado en la hoja de datos, se ordenan los distintos tipos de causas del problema conforme a su ocurrencia, de mayor a menor.

Se registra a su vez el número de casos (frecuencia de ocurrencia)  $n_i$ , de cada tipo de defecto o causa,  $i = 1, 2, 3, \dots m$  siendo  $m$  el número de causas distintas que aparecen en la lista ordenada de tal suerte que:

$$n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_m = d$$

En donde  $d$  representa el número de casos que resultaron defectuosos en el total inspeccionado  $N$ .

En la tabla 1.9 se muestra el registro de defectos.

**Quinto paso.** Se calcula el porcentaje absoluto de artículos defectuosos con respecto al número total  $N$  de inspeccionados, para cada uno de los factores o defectos considerados.

Tal porcentaje se representa por el símbolo  $a_i$  y se calcula mediante la fórmula:

$$a_i = n_i / N \times 100, \quad i = 1, 2, 3, \dots m$$

## HOJA DE DATOS

Artículo: <u>Perno</u>	Lote de producción: <u>195</u>	
No. de artículos: _____	Fecha de producción: <u>23 de marzo</u>	
Inspeccionados: <u>2,000</u>	Inspeccionado por: _____	
Defecto	Conteo	Total
Cabezas rotas	III III III III II	22
Tamaño inadecuado de la cabeza	III III	10
Enroscado imperfecto	III II	7
Longitud escasa	III III II	12
Dureza fuera de especificaciones	III III III III III IIII	29
Otros	IIII	4
	TOTAL	84

Tabla 1.8 Hoja de datos de la inspección de 2,000 pernos inspeccionados en un día

## REGISTRO DE DEFECTOS

Fecha: 23 de marzo de 1984.	
No. De inspeccionados: N = 2,000	
Tipo de defecto	Número de casos n
Dureza fuera de especificación	$n_1 = 29$
Cabezas rotas	$n_2 = 22$
Longitud escasa	$n_3 = 12$
Tamaño inadecuado de cabezas	$n_4 = 10$
Enroscado imperfecto	$n_5 = 7$
Otros	$n_6 = 4$
TOTAL	$d = 84$

Tabla 1.9 Registro de defectos resultante de la inspección.

En nuestro ejemplo:

$$a_1 = n_1/N \times 100 = 29 / 2000 \times 100 = 1.45\%$$

$$a_2 = n_2/N \times 100 = 22/2000 \times 100 = 1.10\%$$

$$a_3 = n_3/N \times 100 = 12/2000 \times 100 = 0.60\%$$

$$a_4 = n_4/N \times 100 = 10/2000 \times 100 = 0.50\%$$

$$a_5 = n_5/N \times 100 = 7/2000 \times 100 = 0.35\%$$

$$a_6 = n_6/N \times 100 = 4/2000 \times 100 = 0.20\%$$

Con tal información se puede saber la mejora que se lograría en la producción si se

tomasen acciones efectivas para eliminar algún tipo de defecto. Por ejemplo, si se consiguiese que la dureza de los pernos estuviera totalmente dentro de las especificaciones, se incrementaría la producción no defectuosa en 1.45% por ese concepto.

**Sexto paso.** Se obtiene para cada uno de los factores o tipos de defectos, el porcentaje relativo de defectuosos, respecto del número “d” de casos defectuosos.

Se usará  $r_i$  para representar el porcentaje relativo de los casos defectuosos atribuibles al tipo de defecto  $i$  y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$r_i = r_i / d \times 100, i = 1, 2, 3, \dots m$$

de manera que:  $r_1 + r_2 + r_3 + \dots + r_m = 100\%$

Para el objeto considerado se tiene que:

$$r_1 = r_1 / d \times 100 = 29 / 84 \times 100 = 34.52\%$$

$$r_2 = r_2 / d \times 100 = 22 / 84 \times 100 = 26.19\%$$

$$r_3 = r_3 / d \times 100 = 12 / 84 \times 100 = 14.29\%$$

$$r_4 = r_4 / d \times 100 = 10 / 84 \times 100 = 11.91\%$$

$$r_5 = r_5 / d \times 100 = 7 / 84 \times 100 = 8.33\%$$

$$r_6 = r_6 / d \times 100 = 4 / 84 \times 100 = 4.76\%$$

**Séptimo paso.** Se calcula el porcentaje relativo acumulado denotado por  $R_i$ ,

$$R_i = r_1 + r_2 + r_3 + \dots + r_i, i = 1, 2, 3, \dots, m$$

$$\text{y } R_m = 100\%$$

En nuestro ejemplo

$$R_1 = r_1 = 34.52\%$$

$$R_2 = r_1 + r_2 = 60.71\%$$

$$R_3 = r_1 + r_2 + r_3 = 75.00\%$$

$$R_4 = r_1 + r_2 + r_3 + r_4 = 86.9\%$$

$$R_5 = r_1 + r_2 + r_3 + r_4 + r_5 = 95.24\%$$

$$R_6 = r_1 + r_2 + r_3 + r_4 + r_5 + r_6 = 100\%$$

Para interpretar esta información considérese, por ejemplo el valor  $R_3$ , los defectos, “dureza fuera de especificación”, “cabezas rotas” y “longitud escasa”, contribuyen con el 75% del efecto “pernos defectuosos”, por lo que, si al tomar acciones apropiadas se eliminaran estas tres causas, se solucionaría en un 75% el problema.

**Octavo paso.** Se agrega a la tabla 1.10 la información obtenida en los pasos 5, 6 y 7. Esto lo podemos ver en la tabla 1.10.

## REGISTRO DE DEFECTUOSOS

Fecha: 23 de Marzo de 1984 No. De inspeccionados: No. 2,000

Tipo de defecto	No. de casos	Porcentaje absoluto de defectuosos	Porcentaje relativo de defectuosos	Porcentaje relativo acumulado
	$n_i$	$n_i = n_i / N \times 100$	$= / \times 100$	$R_i = r_1 + r_2 + \dots + r_i$
Dureza fuera de especificación	29	1.45%	34.52%	34.52%
Cabezas rotas	22	1.10%	26.19%	60.71%
Longitud escasa	12	0.60%	14.29%	75.00%
Tamaño inadecuado de la cabeza	10	0.50%	11.91%	86.91%
Enroscado imperfecto	7	0.35%	8.33%	95.74%
Otros	4	0.20%	4.78%	100.00%
T o t a l	d=84	4.20%	100%	

Tabla 1.10 Registro de defectos absolutos, relativos y acumulados

**Noveno paso.** Se traza el eje horizontal y los ejes verticales. En el eje horizontal se selecciona una división (en general de uno a dos centímetros) para representar los tipos de factores (defectos o fallas) anotándolas de izquierda a derecha de mayor a menor importancia en términos de  $n^{\wedge}$

En el eje vertical izquierdo seleccione una división en números enteros, adecuada al ejemplo, para representar el número  $n_i$  de ocurrencias de cada tipo de defecto. La escala de este eje debe estar hecha de manera que pueda incluir el número total de defectos  $d$ .

El eje vertical derecho se usará para representar el porcentaje relativo acumulado  $R_i$ . Su escala se divide en cuatro partes iguales para ubicar el 0, 25, 50, 75 y 100% y poder apreciar posteriormente el efecto de las acciones llevadas a cabo para la realización de mejoras. En figura 1.13 se muestra cómo quedaría respecto a nuestro ejemplo.

**Décimo paso.** Se construyen las barras correspondientes a los distintos factores o causas. La altura de las barras representa la ocurrencia  $n_i$  del tipo de defecto  $i$ . Las barras se diseñan con la misma amplitud conectándose unas con otras.

**Undécimo paso.** Se gráfica la curva del porcentaje relativo acumulado partiendo del inicio y uniendo los puntos que relacionan el extremo derecho de la barra del tipo de defecto  $i$ , con el porcentaje relativo acumulado hasta el defecto  $i$ .

Aplicando los pasos 10 y 11 a nuestro ejemplo se obtiene el Diagrama de Pareto mostrado al inicio del tema como ilustración y que se reproduce aquí.

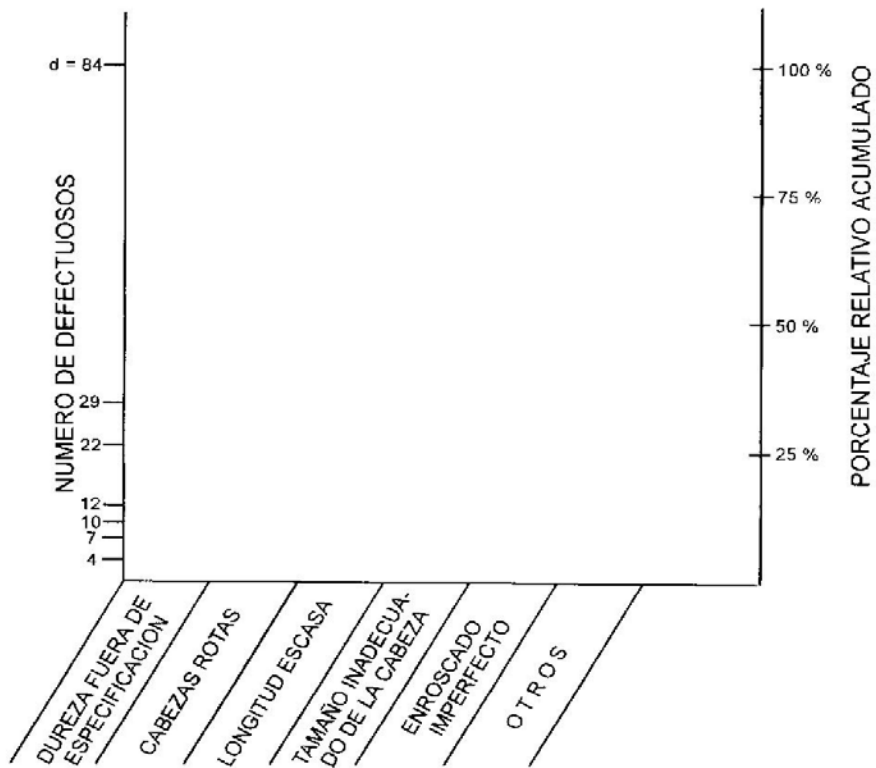


Fig. 1.13 Diagrama de Pareto después del paso No. 9

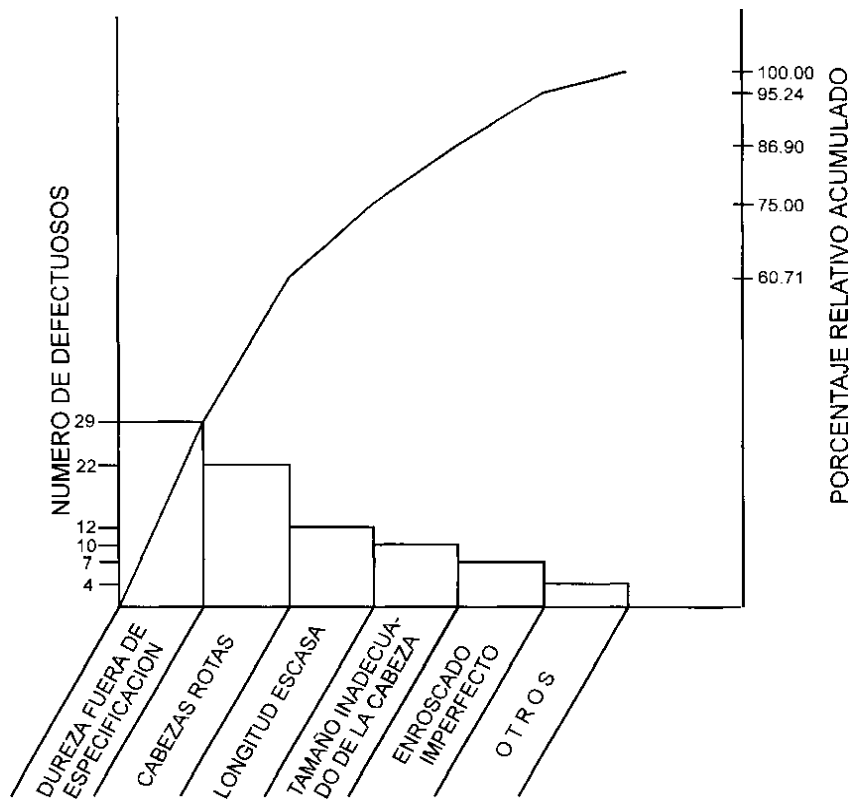


Fig. 1.14 Diagrama de Pareto después de los pasos No.10 y 11.9

### Usos y beneficios del Diagrama de Pareto.

En general, al formar la lista de los factores que afectan a un proceso o sistema, se pone de manifiesto que sólo un pequeño número de causas contribuyen a la mayor parte del efecto y que las restantes tienen una mínima participación en el fenómeno. El objeto de analizar el diagrama de Pareto es identificar las causas principales, y en función de ello, establecer un orden de importancia permitiendo un mejor aprovechamiento de los recursos, canalizando eficazmente los esfuerzos de las personas que intervienen para atacar las causas más importantes, ya que, si se consigue hacerlas disminuir o desaparecer, se lograría una reducción significativa en la magnitud del problema. Por lo tanto:

1. El diagrama de Pareto es el primer paso para la realización de mejoras.
2. El Diagrama de Pareto se aplica a todas las situaciones en donde se pretenda efectuar una mejoría: en la calidad del producto, en la conservación de los materiales, en el uso de energéticos y en general en la eficiencia de los recursos (mano de obra, capital, etc.)
3. El Diagrama de Pareto se utiliza también para verificar las acciones llevadas a cabo para lograr una mejora fueron o no eficaces, construyendo un nuevo diagrama cuando los efectos de dichas acciones se han puesto de manifiesto.

Este segundo diagrama deberá abarcar el mismo periodo de tiempo e igual número de casos para que la comparación tenga sentido; de no ser posible esto, es preferible utilizar porcentajes absolutos o relativos en el eje vertical en lugar del número de artículos defectuosos.

En la figura 1.15 se muestran los dos ejemplos, antes de tomar acciones y después de tomar acciones para la mejoría.

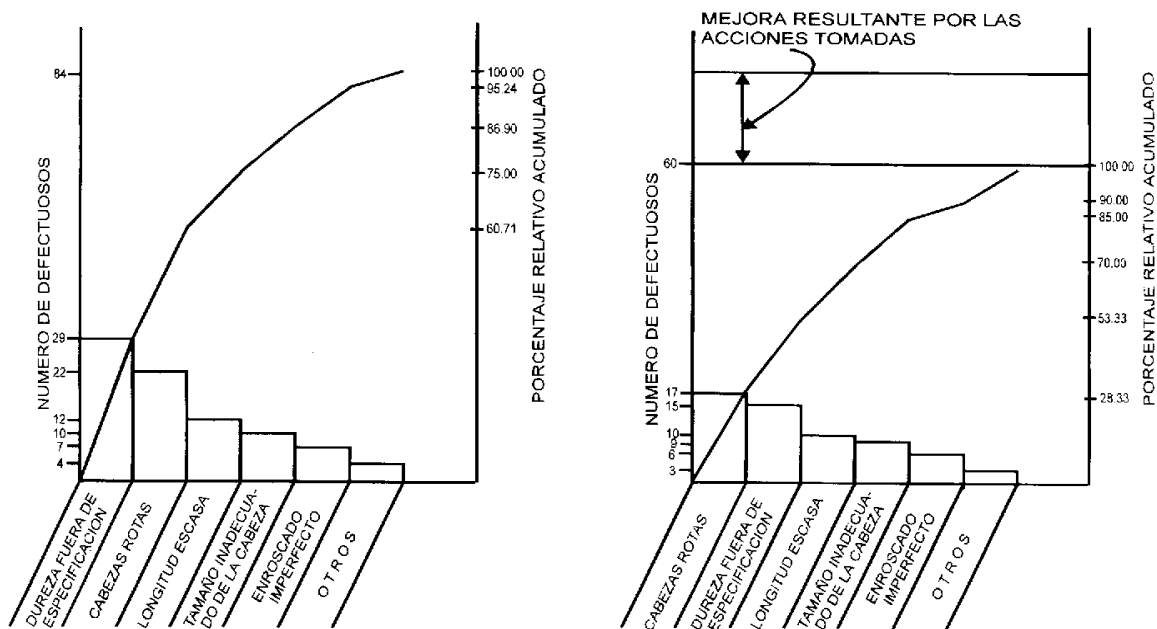


Fig. 1.15 Muestra de dos diagramas antes y después de tomar acciones correctivas

Si los esfuerzos para obtener mejoras han sido eficaces, el orden de las barras debe cambiar. Si la altura de todas las barras disminuye, significa que el nivel general de defectos ha sido producido por alguna acción común, por ejemplo, capacitación del personal, mantenimiento de equipo, etc.

Conviene también diseñar Diagramas de Pareto en los que se exprese los COSTOS en los que se incurre por cada tipo de defecto, de manera que al hacer la comparación se aprecie el ahorro (en términos monetarios) obtenido con la mejora realizada. Con base en lo mencionado se enfatizan a continuación algunos de los beneficios que se derivan del uso de los Diagramas de Pareto:

- a) Ayuda a identificar las causas de los fenómenos y a señalar la importancia de cada una de ellas.
- b) Promueve el trabajo en equipo ya que se requiere que participen todos los individuos relacionados con el área para analizar el problema, obtener información y llevar a cabo acciones para su solución.
- c) analiza los esfuerzos a las causas importantes.
- d) Permite la comparación antes y después, ayudando a cuantificar el impacto de las acciones tomadas para lograr mejoras.
- e) Facilita la comunicación entre los grupos que participan en el análisis del problema o fenómeno.

#### Ejercicio No. 1

En la siguiente tabla se muestra el tiempo en minutos de paralización del trabajo debido a fallas de ciertas máquinas, observadas en el período 8 - 11 de Mayo (un turno de 8 horas en cada uno de los cuatro días) siendo:

$$N = \text{número de minutos considerados} = 4 \times 8 \times 60 = 1920 \text{ minutos}$$

Causa de la falla	Tiempo de paralización del trabajo (en minutos)
Interrupción de la energía eléctrica	92
Manejo incorrecto (por el operador)	45
Ajuste inadecuado	114
Desgaste (por el uso)	202
Falta de lubricación	19
Otras	16

Realizar y completar lo que a continuación se indica:

1. Ordenar las causas de las fallas de las máquinas, de mayor a menor, de acuerdo con el tiempo de penalización del trabajo.

Fechas de periodo observado: 8 de mayo al 11 de mayo.

N = Número de minutos considerados = 1920 minutos

2. Si se ajustan las máquinas en forma correcta y se verifica con frecuencia que el ajuste sea el adecuado, el tiempo de paralización del trabajo disminuiría en \_\_\_\_\_ por ciento.
3. El \_\_\_\_\_ por ciento del problema de la paralización del trabajo es atribuible al desgaste (por el uso) de las máquinas.
4. El \_\_\_\_\_ por ciento de la paralización del trabajo es adjudicable a las fallas en el suministro de energía eléctrica.
5. El desgaste de las máquinas y el ajuste inadecuado de éstos contribuyen con el \_\_\_\_\_ por ciento del problema de paralización del trabajo.
6. Realizar el Diagrama de Pareto Ejercicio No. 2

### Ejercicio No. 2

La siguiente tabla muestra los registros de los defectos observados en el ensamble de los paneles de las puertas de los automóviles. Los datos fueron recabados del 3 al 13 de junio de 1983, inspeccionando  $N = 4752$  piezas.

Tipo de defecto	No. de defectos observados
Rajaduras	39
Carpeta de tela suelto	26
Vinyl suelto	119
Vidrios desalineados	21
Manchas	36
Ralladuras	20
Vinyl mal cortado	49
No. Total de defectos	310
No. de piezas defectuosas	295

Construir el Diagrama de Pareto correspondiente.

Obsérvese que el número de defectuosos es menor que el número de defectos. Esto es aplicable porque una pieza puede tener más de un defecto (uno o varios tipos de defecto). Cuando esto ocurre, el análisis se hace sobre el número de defectos y no respecto del número de piezas defectuosas, es decir  $d = 310$  ya que los costos de reparación de las piezas se calculan por el número de defectos que hay en ellas.

Se mencionó anteriormente la conveniencia de construir Diagramas de Pareto que consideren los costos asociados con cada tipo de defecto. Tales costos deben considerar los gastos, al cumplir con la garantía, el desechar las piezas defectuosas cuando no es posible la reparación, etc.

### Ejercicio No. 3



A continuación se muestra la tabla de costos de reparación a precios de 2003, para cada uno de los tipos de defectos manejados en este ejemplo, obtenida para identificar el orden de importancia de los tipos de defecto en la estructura de los costos. Obsérvese que el orden de importancia de los tipos de defecto puede cambiar de forma relevante.

Tipo de defecto	No. de defectos	Costo de reparación por unidad	Costo total de reparación por tipo de defecto ( $C_i$ )	Orden conforme al costo
Vinyl suelto	119	650	77350	2
Vinyl mal cortado	49	5000	245000	1
Rajaduras	39	1100	42900	4
Manchas	36	286	10296	6
Carpeta de tela suelto	26	2145	55770	3
Vidrios desalineados	21	560	11760	5
Ralladuras	20	320	6400	7

Nota: La columna 4 es el producto de la columna 2 y 3.

Construir el Diagrama de Pareto para los costos de defectos y compararlo con el Diagrama de Pareto para el número de defectos.

### 1.6.3 Diagrama Causa-Efecto (Ishikawa)

El Control de Calidad hoy en día considera la utilización de las herramientas estadísticas como un lenguaje común en toda la organización pero también considera la ejecución y responsabilidad del control de calidad en toda la organización y en forma participativa.

Por otro lado, el potencial del hombre es tan basto que pocas compañías occidentales lo han considerado, la descentralización de la organización según el Control de Calidad Integral ha permitido que el hombre en su área de trabajo participe operando, resolviendo y mejorando.

Es común entre los distintos giros industriales y entre los encargados de proceso a decir que el suyo por su naturaleza resulta más complicado que cualquier otro, por lo que tienden a señalar invariablemente que en su proceso “es muy difícil controlar la calidad porque existen demasiados factores y sus relaciones son muy complicadas”. Lo cierto es que cada proceso posee características singulares que deben resultar del conocimiento para todos los directamente involucrados. La esencia del mejoramiento de la Calidad radica en el conocimiento y análisis contingente de todas las causas de variabilidad de las características de calidad de los productos y fundamentalmente de los vitales.

El diagrama de causa-efecto es un esquema que muestra el análisis sistemático y participativo de todas las posibles causas que inciden en un efecto determinado.

Este diagrama implica la participación de todas las personas involucradas en forma directa con el problema en estudio, por lo que resulta incompleto si se desarrolla individualmente.

Una vez que del Diagrama de Pareto se ha encontrado el problema vital, se hace necesario a través del Diagrama de Causa-Efecto, encontrar las causas que lo provocan. Desde el punto de vista de control de calidad, este Diagrama divide las causas que afectan o influyen en determinada característica de calidad (efecto) en estudio.

Este Diagrama en Japón es conocido como “Esqueleto de Pescado”, de tal manera que si el “Pescado tiene más espinas, resulta más sugestivo”, para quienes lo emplean.

Cuando después de considerar una serie de causas que inciden en un efecto y no se determina su interrelación, esto puede significar que el conocimiento del problema que se analiza es limitado, lo mismo sucede cuando se tiene una cantidad mínima de posibles causas.

A continuación se muestran ejemplos de diagramas causas y efecto.

Ejemplo # 1

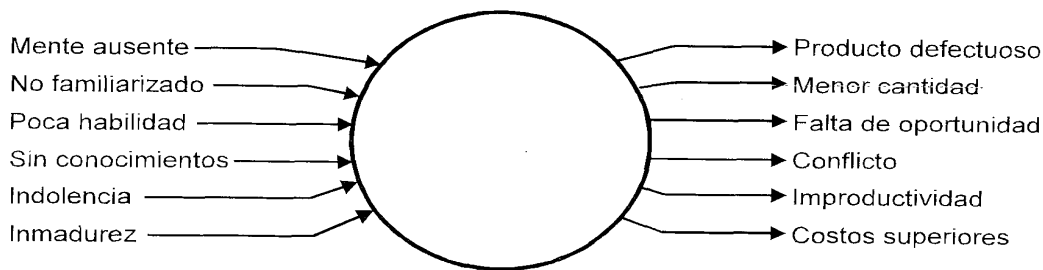


Fig. 1.25 Relaciones entre Causas y Efecto (en relación al recurso humano)

Ejemplo # 2

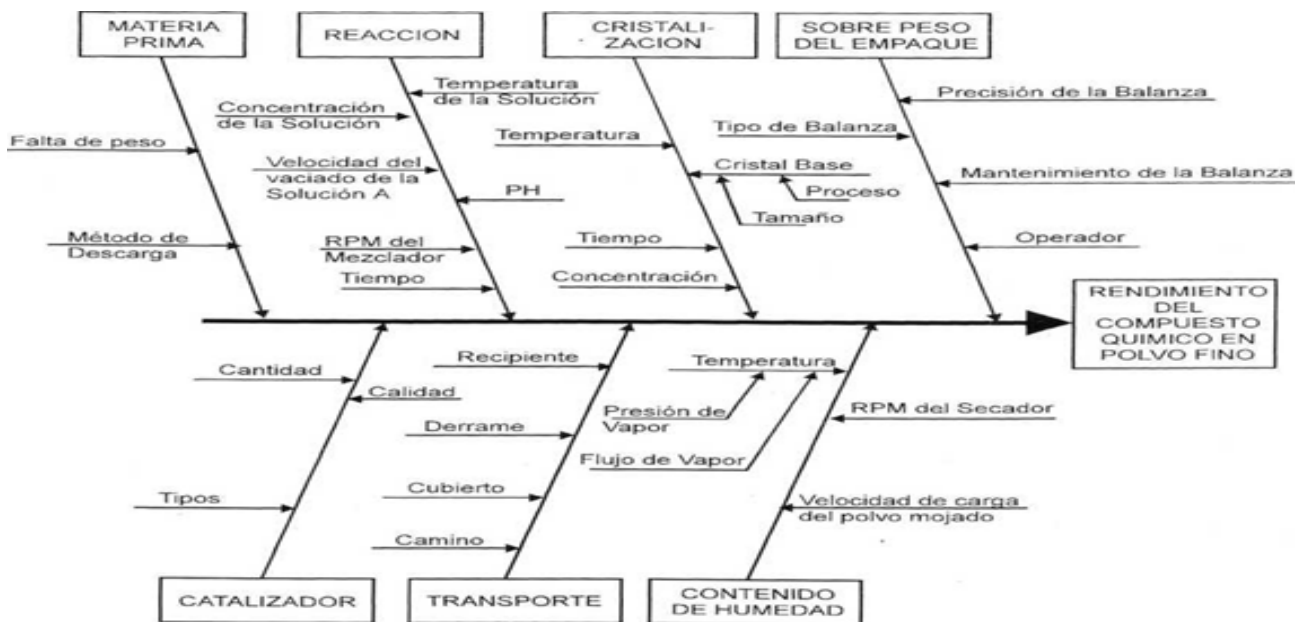


Fig. 1.26 Diagrama de Causa-Efecto para el rendimiento del compuesto químico en polvo fino

Ejemplo # 3

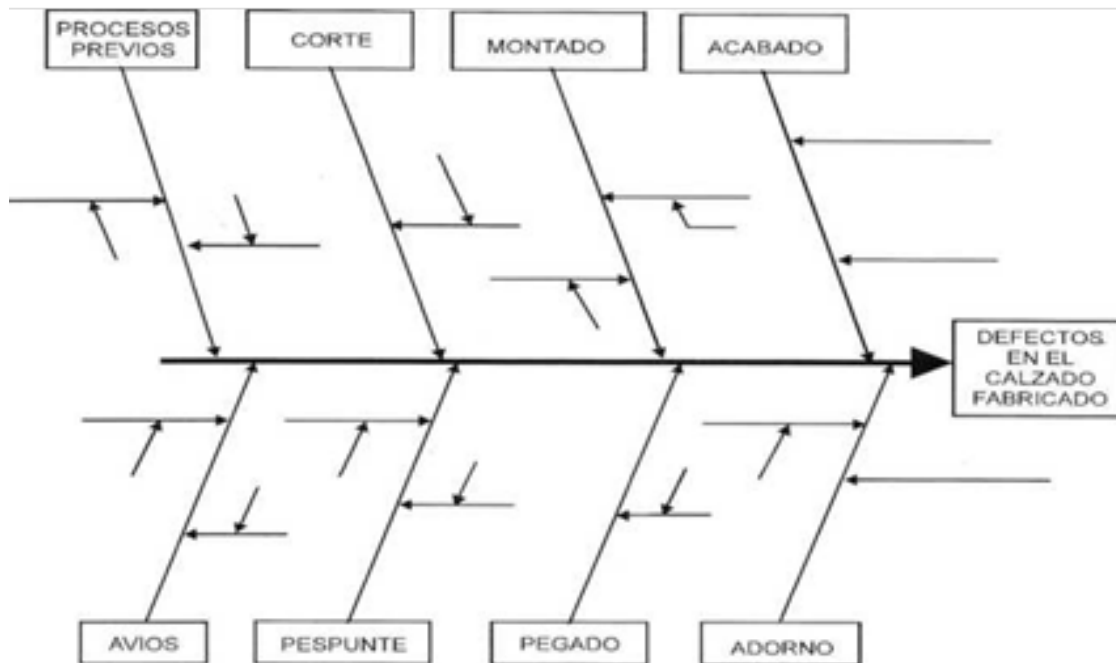


Fig. 1.27 Diagrama de Causa-Efecto para controlar y mejorar la calidad del calzado fabricado

Ejemplo # 4

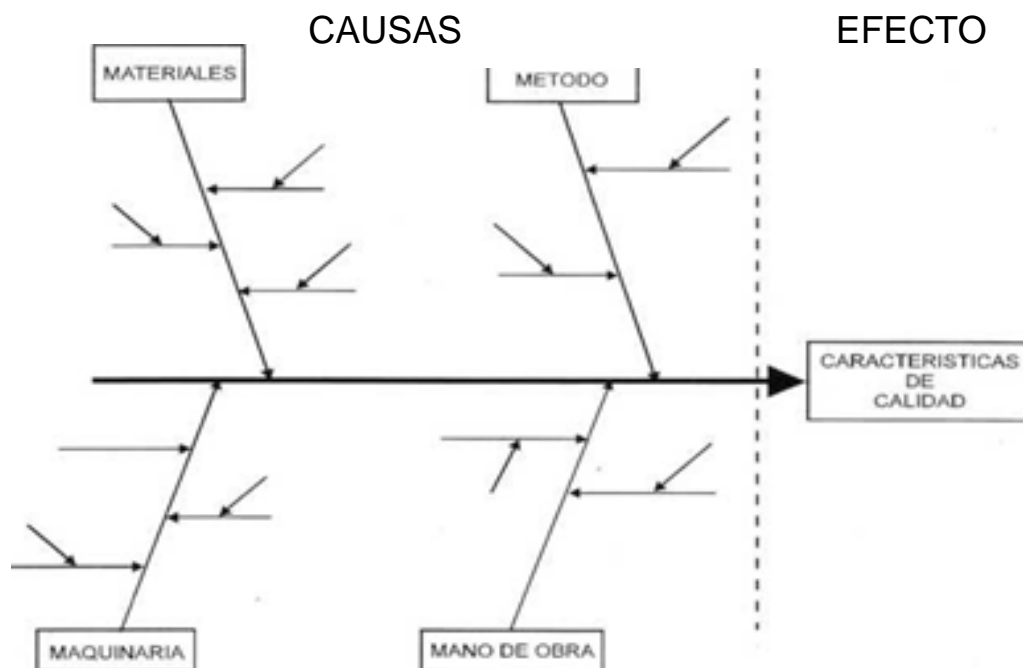


Fig. 1.28 Diagrama de Causa-Efecto para el control y la mejora de las características de calidad

### Tipos de diagramas de Causa-Efecto.

Se pueden hablar de tres tipos de Diagramas:

1. “4M’s” como causas principales: Mano de Obra, Materiales, Método y Maquinaria. Bajo un cuestionamiento consistente de causas de variabilidad y dispersión (Análisis de dispersión). En ocasiones suelen manejarse otras “M’s”.
2. “Flujo del Proceso y de las operaciones”. Bajo un enfoque lógico, sistemático y de estratificación.
3. ‘Enumeración de causas’. Determinando las causas principales y bajo el esquema de Análisis de dispersión.

En términos generales, la aplicación del Diagrama Causa y Efectos orienta al mantenimiento del proceso, al mejoramiento del mismo y se usa como un elemento de Educación y Entrenamiento para el personal involucrado. Esta técnica nos invita a ir al área de trabajo a ver el proceso, a verificar los resultados y a determinar las causas de falla de apego a los estándares. Nos invita también a discutir con los compañeros de trabajo sobre los factores vitales y resulta un medio importante de mutuo desarrollo durante su aplicación.

El Diagrama Causa y Efecto de manera específica sirve para:

- a) Eliminar las excusas de que resulta muy difícil controlar la calidad en el proceso porque hay demasiados factores cuyas relaciones son muy complicadas.
- b) Detectar las causas principales de dispersión y variabilidad.
- c) Detectar el tipo de datos que deben obtenerse para **confirmar** el efecto de los factores seleccionados como causas vitales.
- d) Detectar el tipo de técnica estadística a emplear en el proceso de entendimiento de la situación, análisis, control o investigación en cuestión.
- e) Prevenir problemas determinando las causas de las fallas, los efectos que provocan y las acciones contingentes.
- f) Favorecer el trabajo en equipo.
- g) Adquirir nuevos conocimientos al participar durante el proceso del Diagrama bajo el esquema de mutuo desarrollo.
- h) Analizar cualquier problema independientemente a su naturaleza.
- i) Guiar hacia resultados prácticos, la discusión sobre algún problema.
- j) Verificar y sistematizar los pensamientos, y las acciones de las personas involucradas con el proceso en estudio.
- k) Disponer de un catálogo documentado y actualizado de todas las posibles causas que pueden provocar dispersión sobre las características de calidad vitales de los productos vitales.

El máximo provecho de la aplicación del Diagrama de Causa y Efecto tiene que ver con la consideración de las siguientes advertencias:

- 1) Reunir todas las personas que estén relacionadas con el problema en cuestión, de tal forma que se pueda generar la máxima información.
- 2) Determinar la característica de calidad o el factor a controlar o a mejorar.

- 2.1 Si se trata de un producto, analizar sus características funcionales y sus características no funcionales.
- 2.2 Si se trata de un problema en general, analizarlo por el Diagrama de Pareto.
- 2.3 Elegir una característica de calidad crítica o un factor vital.
- 2.4 Todos los miembros deben de comprender totalmente el sentido y la definición de la característica crítica o del factor vital a estudiar.
- 3) Emplear hojas de trabajo cuyo tamaño estén al alcance de todos.
- 4) Participar libremente en un proceso de “Tormenta de ideas”.
  - 4.1 Participar todos los involucrados porque conocen la situación alrededor del problema.
  - 4.2 Nominar un líder del grupo que coordine y facilite la participación de todos.
  - 4.3 Preguntar al autor de la idea cuando haya dudas.
  - 4.4 Escribir todas las ideas.
  - 4.5 No criticar las ideas en el momento en que se sugieren.
  - 4.6 No redundar.
  - 4.7 Sugerir ideas de causas y no culpables.
  - 4.8 Sugerir de tal forma que se estimule la participación de todos.
  - 4.9 Verificar cada una de las ideas.
  - 4.10 Separar a las ideas de las personas y respetar a estas últimas.
- 5) Clasificar y reordenar las causas para decidir sobre las principales.
- 6) Subdividir las causas en forma estratificada, esto es, de cada causa principal a sub-causas; de sub-causas a sub-sub-causas y así sucesivamente. En un sentido de madre, hijo, nieto, biznieto, etc.
- 7) Confirmar el análisis profundo, de acuerdo a la representación gráfica donde la figura del Diagrama de Causa y Efecto parezca un esqueleto de pescado con muchas espinas; un árbol con muchas ramas.
- 8) Desarrollar tantos diagramas Causas-Efecto como características de Calidad críticas presente un producto vital en estudio.
- 9) Eliminar los diagramas Causas-Efecto desarrollados por una o dos personas, tales deben de resultar de un esfuerzo y compromiso colectivo.
- 10) Estudiar cada causa como vital y “marcar” con símbolos el status del estudio.

Podemos decir entonces que el Diagrama Causa y Efecto tiene tres puntos que son de suma importancia los cuales son:

- 1) El Diagrama Causa y Efecto significa la participación grupal de muchas mentes por lluvia de ideas (“dos cabezas piensan más que una”). Las gentes aseveran una serie de acusaciones pero las “sospechas” que emergen hasta ese momento no son más que eso, al “criminal” todavía hay que encontrarlo, por lo tanto es aún necesario regresar a los hechos y a los datos para confirmar las “sospechas”.
- 2) No es suficiente tan solo dibujar el diagrama y dejarlo así, tanto como se haga más intensivo el análisis de datos, más y más problemas serán identificados, entonces será necesario borrar causas innecesarias y adherir las nuevas a fin de desarrollar

un catálogo estandarizado de causas en un proceso continuo de depuración. Por lo tanto, el Diagrama Causa-Efecto es un excelente indicador del nivel de tecnología y sofisticación de control de los procesos donde se aplica.

- 3) La prevención y contingencia de la calidad para su control y mejora en productos y procesos vitales, encuentran una respuesta práctica y muy efectiva con la aplicación dinámica y flexible del diagrama de Causas y Efecto.

### **Procedimiento de construcción**

Para desarrollar el Diagrama Causa Efecto se siguen los siguientes pasos:

- 1° Paso.- Decidir el efecto (objetivo, problema o característica de calidad) a estudiar.
- 2° Paso.- Elaborar una lista de todas las causas que puedan tener influencia sobre el efecto, aplicando técnicas participativas.
- 3° Paso.- Determinar cuáles causas dan lugar a otras, la relación entre ellas y agruparlas por: a) el método de las "M's", esto es Mano de obra, Materiales, Maquinaria y Métodos; b) el flujo del proceso o; c) los elementos principales que provocan el efecto (enumeración de causas).
- 4° Paso.- Escribir el efecto al final de una flecha, como base del diagrama.
- 5° Paso.- Escribir las causas principales que provocan directamente el efecto.
- 6° Paso.- Sobre las ramas de las causas principales escribir las causas suplementarias. Sobre la base de subcausa de causa; subsubcausa de subcausa; etc.
- 7° Paso.- Anotar las causas suplementarias que no pudieran representarse según el 3o paso. Verificar y preguntar si todas las causas de variación son todas las que están y si están todas las que son.
- 8° Paso.- Evaluar todas las causas y seleccionar las vitales. Anotar el nombre del diagrama con la información particular y destacar las causas vitales.

A continuación se presentan algunos ejemplos constructivos siguiendo cada uno de los pasos a fin de facilitar el sentido práctico del "cómo hacer" los diagramas de Causa Efecto.

#### **Ejemplo constructivo No. 1**

Como consenso de una reunión social de varios matrimonios, se decidió llevar a cabo un día de campo calificado como perfecto, por lo que decidieron analizar todas las contingencias a través de la metodología del diagrama Causa y Efecto.

- 1° Paso. - Decidir el efecto.  
Día de Campo Perfecto.

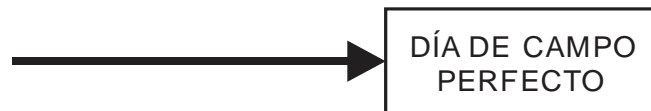
2° Paso.- Elaborar una lista de todas las causas que puedan tener influencia sobre el efecto.

- Clima
- Falta de higiene
- Disposición de ánimo
- Medios de transporte
- Temperatura superior a 40°C
- Incomodidad
- Suficiente bebida
- Deseos de divertirse

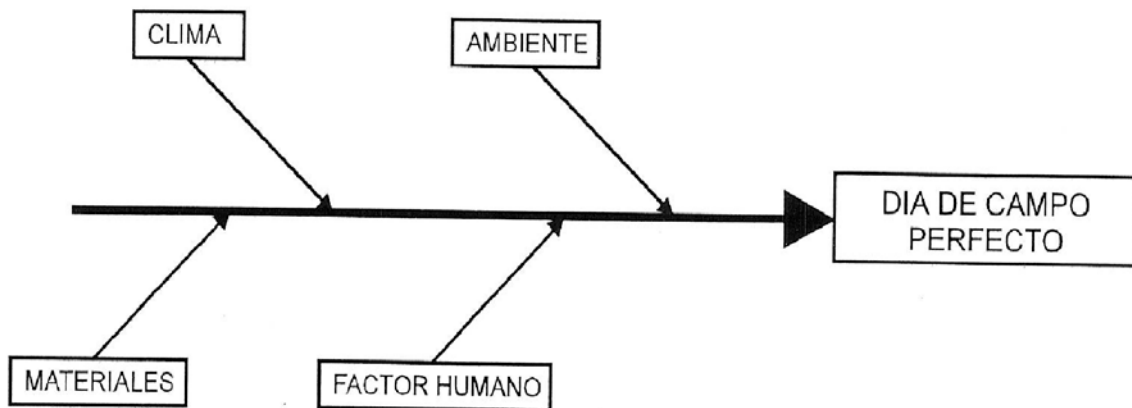
3° Paso.- Determinar cuáles causas dan lugar a otras y cuál es la relación entre ellas. El caso permite utilizar el método de “enumeración de causas”:

- Ambientales
- Falta de espacio
- Condiciones higiénicas

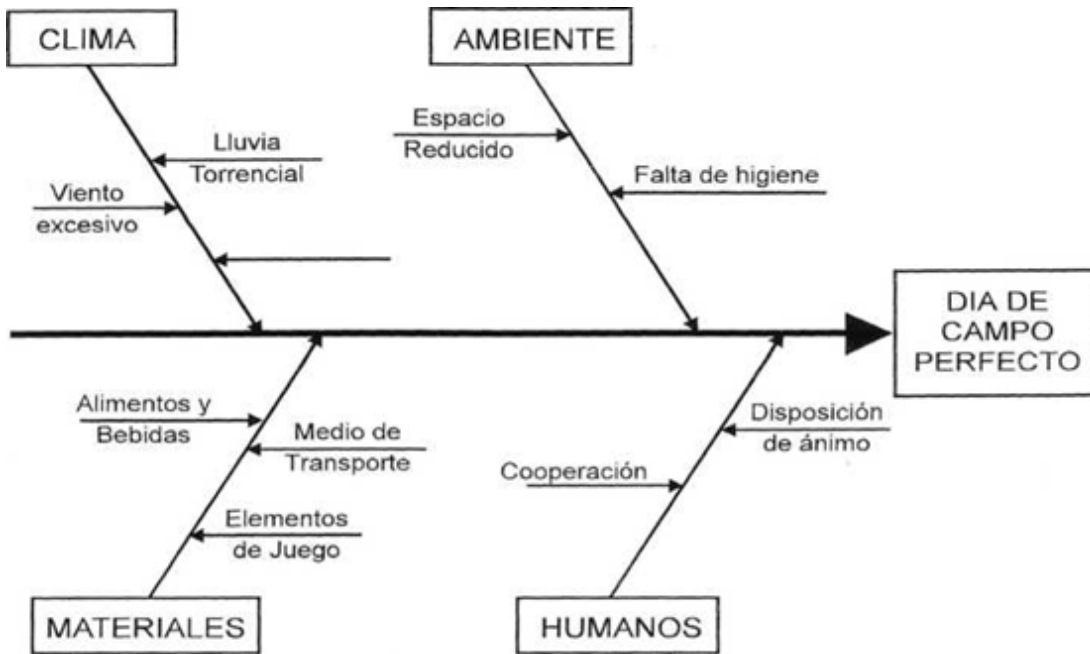
4° Paso.- Escribir el efecto al final de una flecha dibujada como base del diagrama



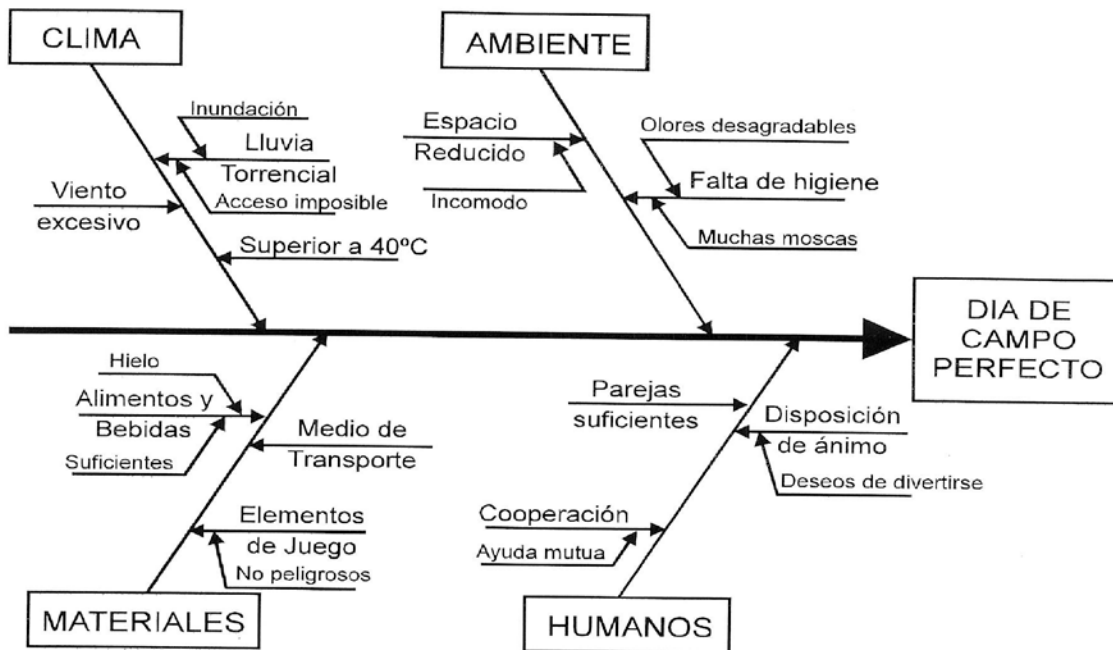
5° Paso.- Escribir las causas principales que provocan directamente el efecto.



6° Paso.- Sobre las ramas de las causas principales escribir las causas suplementarias.



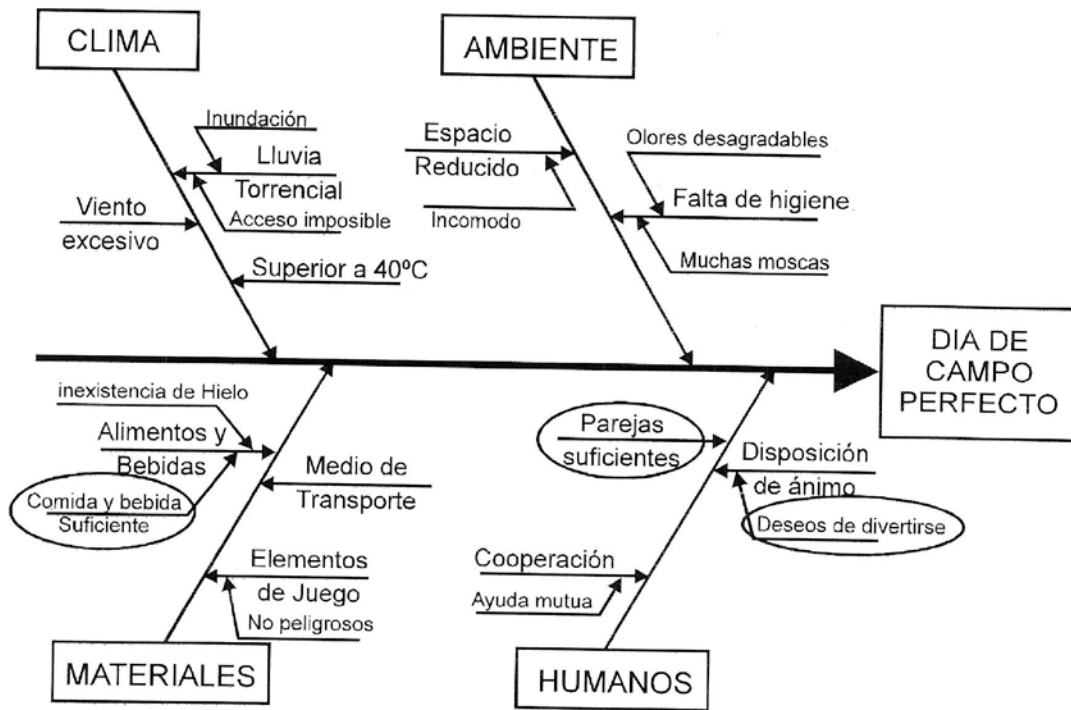
7º Paso.- Anotar las causas suplementarias que no pudieran representarse según el 3o paso. Verificar si las causas de variación son todas las que están y si están todas las que son.



8º Paso.- Evaluar todas las causas y seleccionar las vitales. Anotar el nombre del diagrama con la información particular y destacar las causas vitales.



DIAGRAMA CAUSA-EFECTO PARA UN DÍA DE CAMPO



Ejemplo constructivo No. 2

En una planta siderúrgica dentro del departamento de laminación de placa en caliente se está analizando el problema de la longitud de las mismas según la metodología del diagrama de Causa Efecto.

1° Paso.- Decidir el efecto (la característica de calidad).

Fallas en la longitud de las Placas de acero.

2° Paso.- Elaborar una lista de todas las causas que puedan tener influencia sobre el efecto, aplicando técnicas participativas

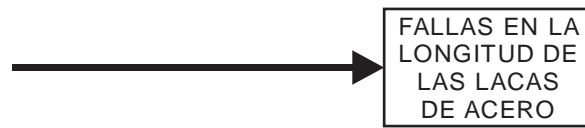
- Cédula de Rolado de desbaste
- Calentamiento no uniforme del planchón
- Mesa de giro en el desbaste
- Peso del planchón insuficiente
- Rayos "Gama" desajustados
- Procesos previos inadecuados
- Cambio de Rodillos

3° Paso.- Determinar cuáles causas dan lugar a otras y cuál es la relación entre ellas. El caso permite utilizar el método de "Flujo del proceso":

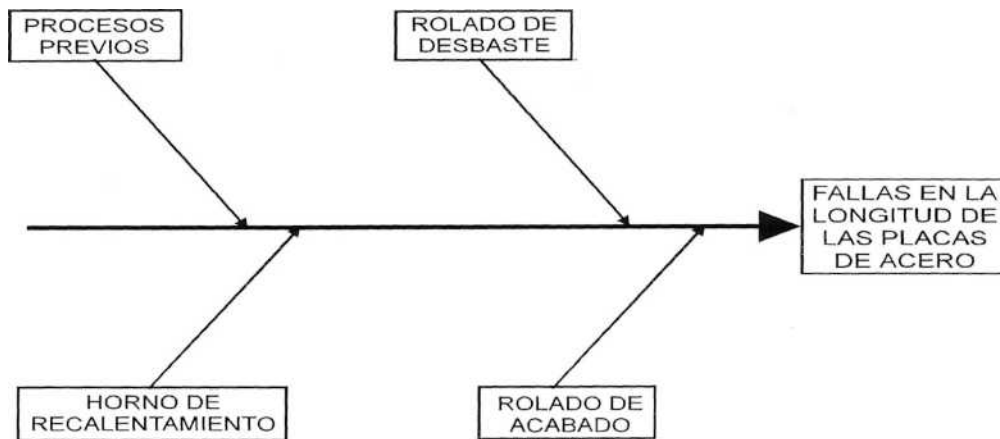
Ejemplo: Procesos previos

Peso del planchón insuficiente

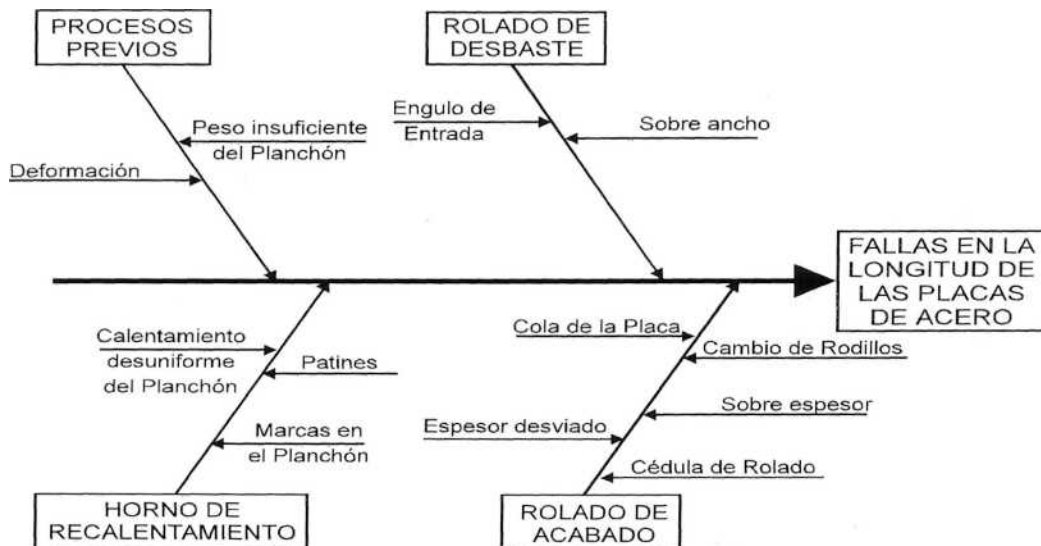
4° Paso.- Escribir el efecto al final de una flecha dibujada como base del diagrama.



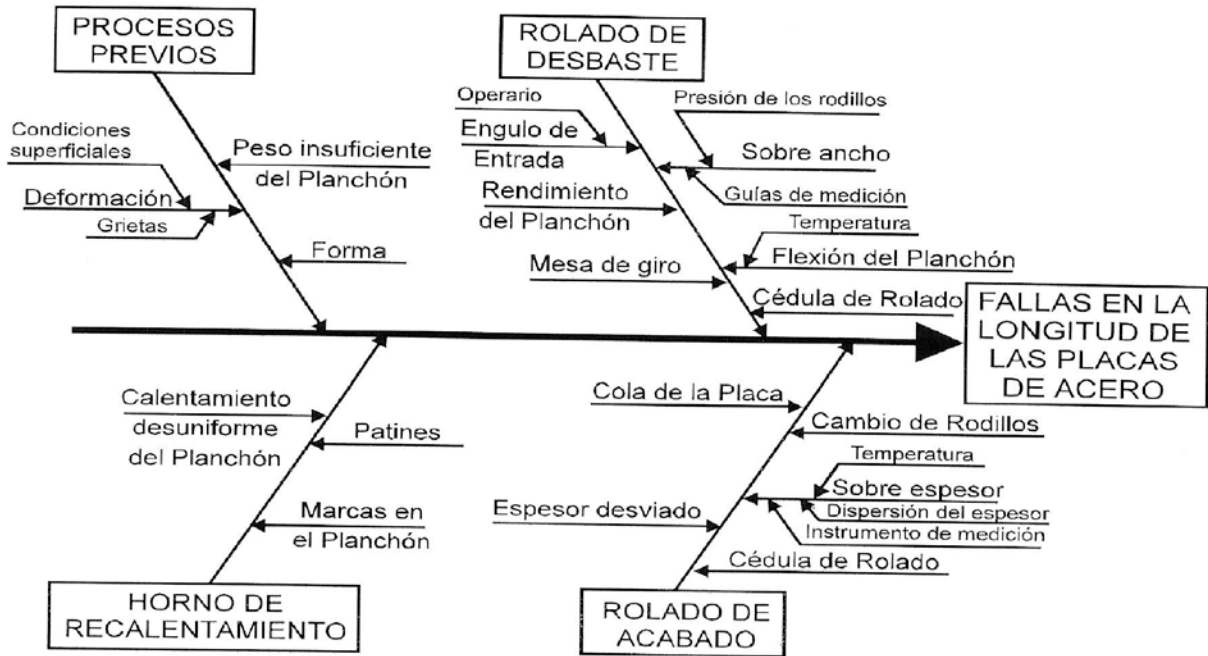
5° Paso.- Escribir las causas principales que provocan directamente el efecto. Para el caso, las etapas lógicas en las que se divide el proceso son las causas principales.



6° Paso.- Sobre las ramas de las causas principales escribir las causas suplementarias.

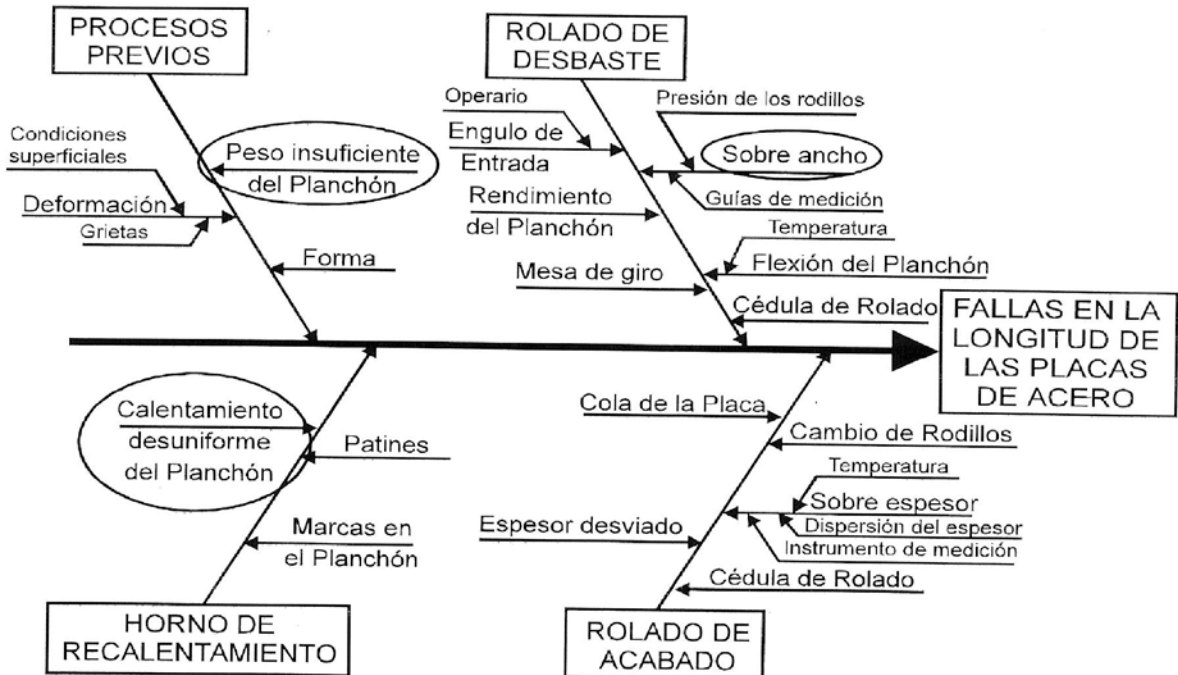


7° Paso.- Anotar las causas suplementarias que no pudieran representarse según el 3° paso. Verificar si las causas de variación son todas las que están y si están todas las que son.



8° Paso.- Evaluar todas las causas y seleccionar las vitales. Anotar el nombre del diagrama con la información particular y destacar las causas vitales.

DIAGRAMA DE CAUSA EFECTO QUE MUESTRA LAS CAUSAS DE LAS FALLAS EN LA LONGITUD DE LAS PLACAS DE ACERO ROLADAS EN CALIENTE



A continuación se señalan algunos problemas que se recomiendan resolver a fin de generar la habilidad práctica en el ejercicio constructivo del Diagrama Causa Efecto. Para cada caso, reúna un grupo de personas (al menos) involucradas con la temática:

- 1) Elabore el diagrama de Causa Efecto sobre: “Cómo mejorar las relaciones humanas entre Jefes y Subordinados”.
- 2) La Fábrica de ropa para niño “Niño Feliz”, está pasando por una situación muy difícil actualmente. Su gerente el Sr. Juan Pérez le pide al encargado del departamento de aseguramiento de la calidad que le explique las causas que han provocado un decaimiento en las ventas. Usando un Diagrama de Causa Efecto presente la orientación de un análisis objetivo.

### 1.6.4 Histograma

El control de calidad se fundamenta en la satisfacción de las necesidades del consumidor a través de proporcionar productos y servicios, que cumplan con sus especificaciones. Así, este concepto se aplica internamente a toda la organización; a cada departamento; a cada proceso; a cada operación y; a cada individuo que tiene especificaciones que alcanzar a través de sus resultados.

La tendencia central de los resultados, su distribución normal y su dispersión son elementos que hablan del control de calidad de cada proceso. Usualmente los promedios resumen la tendencia central de los datos. Un promedio es un valor típico o representativo; es un número único que se emplea para reemplazar un conjunto de números. Existen muchos tipos diferentes de promedios, cada uno de ellos con sus propiedades peculiares propias. La *mediana* o valor central de un grupo ordenado, la *moda* o el valor más frecuente y la *media aritmética* son tres de las medidas más útiles de tendencia central.

El rango, la desviación media, la desviación estándar son concernientes al grado de variabilidad de los datos. Estas medidas pueden evaluar la dispersión de los datos con respecto a un valor central o, quizá su dispersión total.

El mejoramiento de la capacidad de la calidad de los procesos es otro elemento importante en el aseguramiento de la calidad que plantea la consideración de los **histogramas**.

El histograma es una gráfica de barras que presenta en forma ordenada los datos que se analizan, presentando las variaciones de los mismos, su frecuencia, su tendencia central, su dispersión y la capacidad de la calidad del proceso.

Para comprender en esencia la representación gráfica de este diagrama a continuación se muestran algunos ejemplos generales.

Ejemplo No. 1

HISTOGRAMA QUE MUESTRA LA:  
 “EVALUACION DEL DESEMPEÑO DE LOS EJECUTIVOS DE MKT”

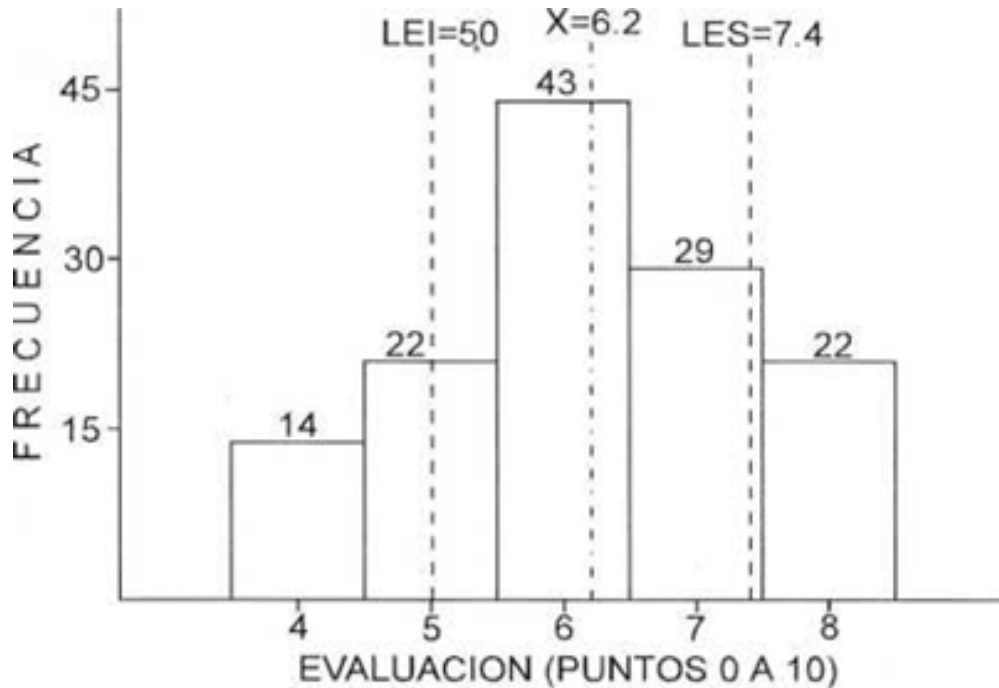


Fig. 1.16 Histograma del desempeño de ejecutivos

La representación gráfica muestra:

- Una evaluación al desempeño promedio 6.2 puntos sobre 10.0; lo que se consideró regularmente competitivo para el mercado internacional (al haber aplicado un criterio de evaluación a ese nivel).
- Se encontró mucha dispersión  $\sigma = 1.2$  entre los resultados por lo que se optó por un Programa Integral de Educación y Entrenamiento, entre otras medidas.
- Aproximadamente el 10% del personal con resultados abajo del límite inferior especificado fueron reentrenados, reubicados o reorientados a resultados.

Ejemplo No. 2

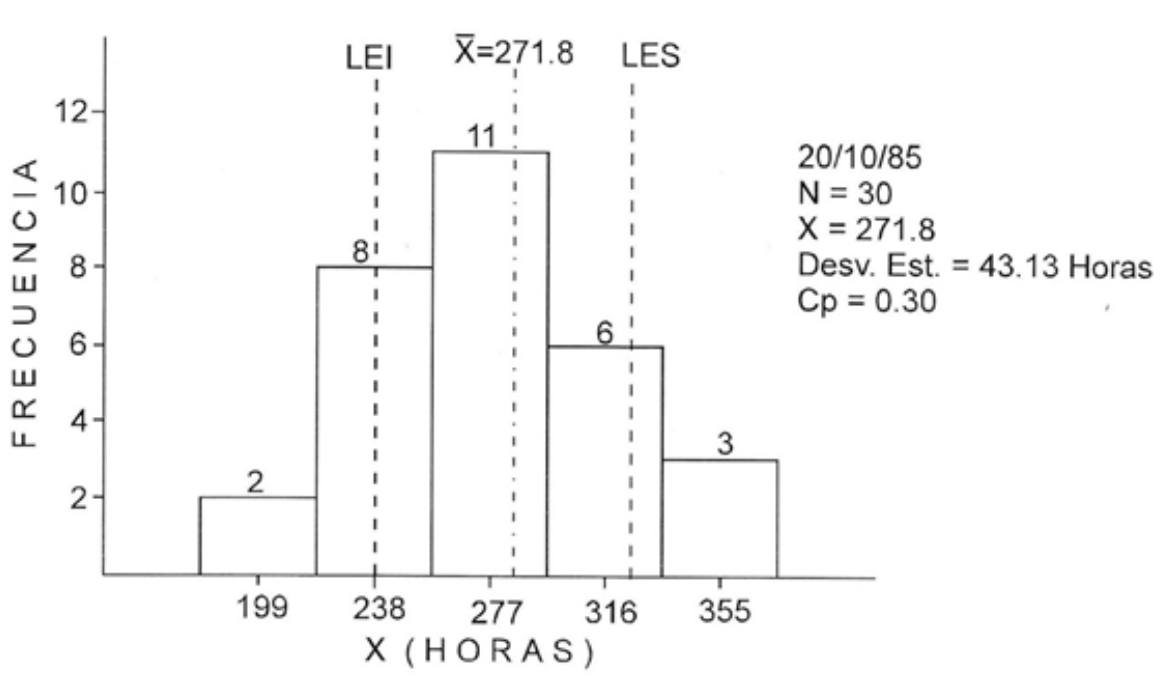


Fig. 1.17 Histograma que muestra la duración de focos para señales direccionales

De acuerdo con los resultados se puede apreciar:

- Los resultados del lote muestreado indican tendencia central dentro de las especificaciones con 271.8 horas promedio de vida de los focos.
- Se encuentra una alta dispersión en los resultados con  $\sigma = 43.13$  horas.
- Altos costos de no calidad por un porcentaje de focos fuera de las especificaciones.
- Una capacidad del proceso ( $C_p$ ) de manufactura muy pobre y fuera totalmente de un nivel competitivo internacional.

## Configuraciones típicas de histogramas

### TIPO NORMAL

Un histograma de una muestra aleatoria tomada de un proceso bien controlado siempre tendrá este tipo, sobre todo si la muestra proviene de una población grande.

### TIPO PICUDO

Histograma que se obtiene cuando el tamaño de las "clases" del mismo (ancho de las "barras"), se establecen por criterio y sin referirlas a números enteros.

### TIPO CONCENTRADOS

Este histograma resulta de datos provenientes de varias poblaciones con distribución normal.

### TIPO BIMODAL

Esta representación gráfica resulta de datos de dos poblaciones diferentes que frecuentemente tienen distribución normal.

### TIPO AISLADO

Este tipo de histograma resulta de errores en las mediciones de las muestras en los registros de los datos o simplemente porque se toman muestras diferentes.

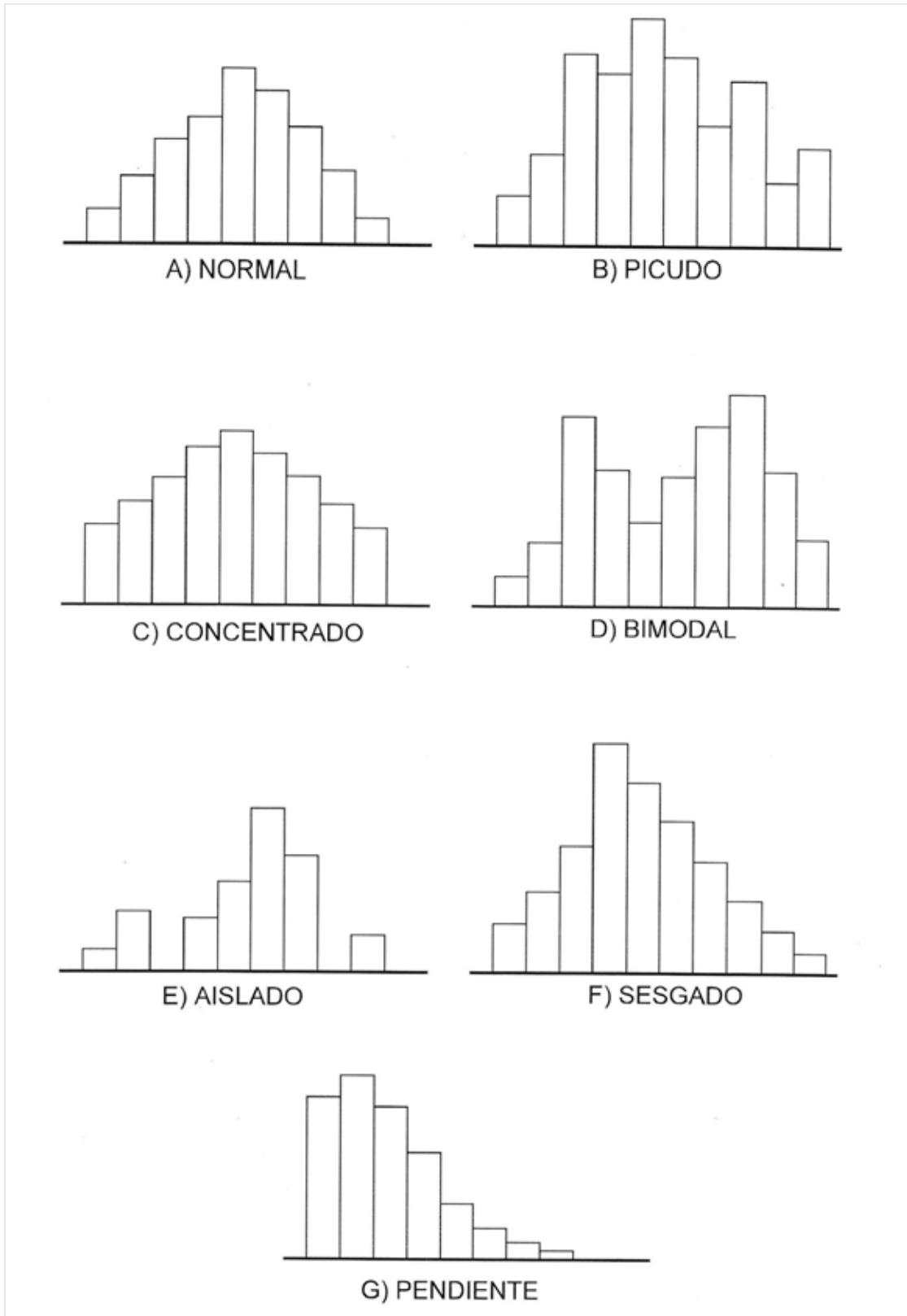
### TIPO SESGADO

Esta forma de histograma se observa en casos de características de calidad por atributos (números de defectos o fallas) puesto que son muestras que provienen de una población con distribución Binomial o Poisson.

### TIPO PENDIENTE

Al existir un solo límite de especificación, los datos registrados arrojan esta forma de histograma, ya que los responsables de la operación se orientan al menos a cumplir con tal especificación.

La figura 1,18 nos muestra las configuraciones anteriormente descritas en forma de histogramas.



*Fig. 1.18 Configuraciones típicas de histogramas*



## Procedimiento de construcción

Los histogramas representan gráfica y numéricamente la esencia de la calidad, al constituirse en “fotografías” de la población que se analiza con propósitos de control o de mejora.

La construcción e información completa de esta herramienta estadística se fundamenta en tres grandes etapas, conteniendo los siguientes pasos:

### Etapa A: Construir una tabla de frecuencias.

La construcción de la tabla de frecuencias puede requerir normalmente el uso de dos métodos, esto es; un “método convencional” que de por sí resulta un poco más largo que el otro pero a cambio de mayor significancia y apego y; el “método corto” que con sentido práctico resulta más simple y rápido que aquel, aunque menos significativo.

Veamos ahora un ejemplo realizando el proceso descrito en cada etapa: Construir una tabla de frecuencias por el “Método Convencional”.

1° Paso.- Tener claro el objetivo y obtener los datos: N. La tabla de los datos debe diseñarse con la idea de renglones con muestras homogéneas y con dos columnas que permitan la anotación de los datos máximo y mínimo por renglón.

2° Paso.- Señalar y determinar los valores máximo y mínimo de cada renglón en la tabla de los datos con un rectángulo y subrayado respectivamente y de todos los datos en general:

$$X_{\text{máx}} \text{ y } X_{\text{mín}}$$

3° Paso.- Determinar la unidad de medida mínima de los dígitos de los datos: A.

4° Paso.- Calcular el número total posible de datos (K) entre los valores máximo y mínimo de los datos:

$$K = [(X_{\text{máx}} - X_{\text{mín}})/A] + 1$$

5° Paso.- Determinar el tamaño provisional de las clases de los datos.

$$C' = (K / \sqrt{N})$$

6° Paso.- Decidir el tamaño práctico de las clases de los datos: C; ajustando al mínimo a C' hacia arriba o hacia abajo para trabajar con un dato práctico.

7° Paso.- Calcular las fronteras mínima y máxima de la clase menor de los datos, para el cálculo de las siguientes fronteras:

$$CL_{1\text{mín}} = X_{\text{mín}} - (A/2); CL_{1\text{máx}} = X_{\text{mín}} + C$$

8° Paso. - Elaborar una tabla de frecuencias que contenga: a) El título; b) El No. de clase; c) Las fronteras de las clases que resulten para contener todos los datos; d) La marca (media) de cada clase; e) Espacio para el conteo de los datos por clase; f) La frecuencia (f) Total de cada clase; g) Tres columnas adicionales para efectos de cálculos de la media y la desviación estándar; h) Renglón de totales.

## TABLA DE FRECUENCIAS

Clase	Fronteras de clase		Marcas de clase	C o n t e o	Frec. Abs.	Aritificio numérico	$Xf_i$	$X^2f_i$
	Inferior	Superior			$X_i$	$F_i$		
i								
			$X_o =$	Sumas				

**EtapA A:** Construir una tabla de frecuencias por el “Método Corto”.

1° Paso.- Tener claro el objetivo y obtener los datos: N.

2° Paso.- Determinar los valores máximo y mínimo de todos los datos:

$$X_{\text{máx}} \text{ y } X_{\text{mín}}$$

3° Paso.- Determinar el rango de la variable:  $R = X_{\text{máx}} - X_{\text{mín}}$

4° Paso.- Determinar el número de clases de acuerdo al número de datos (N) y mediante la siguiente tabla de criterio general.

No. de datos (N)	No. de clase (K)
Menor que 50	De 5 a 7
De 50 a 100	De 6 a 10
De 100 a 250	De 7 a 12
Más de 250	De 10 a 20

5° Paso.- Determinar el tamaño de las clases mediante el valor resultante de  $R/K$ , redondeando su valor a la unidad de los dígitos de los datos inmediata superior o inferior. El tamaño de la clase decidida se denota con la letra C.

6° Paso.- Determinar la unidad de medida mínima de los dígitos de los datos: A.

7° Paso.- Calcular las marcas de clases partiendo de la marca central  $X_o = (K) (C) - (A/2)$  hacia las inferiores y superiores cuyas fronteras de clase contengan todos los datos.

8° Paso. - Elaborar una tabla de frecuencias que contenga: a) El título; b) El No. de clase; c) Las fronteras de las clases que resulten para contener todos los datos; d) La marca (media) de cada clase; e) Espacio para el conteo de los datos por clase; f) La frecuencia  $f_i$  Total de cada clase; g) Tres columnas adicionales para efectos de cálculos de la media y la desviación estándar; h) Renglón de totales.

### Media y Desviación Estándar

Cuando se construye el histograma es necesario calcular la media aritmética, a fin de conocer la tendencia central de los datos. La cual no se afecta substancialmente por algunos

pocos valores moderadamente pequeños o moderadamente grandes, y esta estabilidad aumenta con el tamaño de la muestra  $N$ . Sin embargo, uno o más valores extremos pueden algunas veces afectar grandemente su valor o reducir su utilidad. La media aritmética es una medida estadística muy conveniente, debido a su estabilidad. También es necesario calcular la dispersión de los datos mediante la desviación estándar, ya que es la medida de variabilidad más importante y la que se usa con mayor frecuencia. Un valor relativamente pequeño de  $\sigma$  implica concentración alrededor de la media aritmética, un valor relativamente grande, gran dispersión alrededor de la media aritmética. Una razón poderosa de su utilidad se debe al hecho de que las sumas de cuadrados reducen el error de la dispersión de los datos y se prestan fácilmente a operaciones algebraicas simples y producen relaciones interesantes y útiles. La desviación estándar constituye una unidad estadística conveniente para ser empleada en la construcción de otras medidas y para comparaciones entre ellas.

**ETAPA B:** Calcular la media y la desviación estándar de los datos agrupados en frecuencias.

**ETAPA C:** Dibujar el histograma describiendo principalmente:

1. La media representativa en el eje vertical, pudiendo ser frecuencia o porcentaje.
2. El título del histograma.
3. La unidad de medición y descripción de los ejes vertical y horizontal.
4. La línea de la media con línea continua y las de los límites de especificación con líneas ocultas.
5. Los valores de la media, la desviación estándar y del índice de la capacidad de la calidad del proceso.
6. El período de tiempo, fecha e información específica.
7. Comentarios y conclusiones.

Los siguientes ejemplos constructivos facilitan el entendimiento del procedimiento constructivo del histograma así como el sentido objetivo y práctico de su aplicación.

#### Ejercicio # 1

Una compañía constructora dedicada a la edificación de casas de interés social tiene los registros del tiempo dedicado para la construcción de 103 casas en los últimos meses. La política económica del Gerente General es la de construir tales casas en un plazo máximo de 150 días. Vía el histograma desea obtener información que lo conduzca al control y la mejora de su gestión.

Etapas A: Por el método convencional.

Etapas A, 1o Paso.- El objetivo se ha especificado y los datos disponibles son  $N=103$ . Los valores numéricos se encuentran en la tabla 1.11.

Etapas A, 2o Paso.- Señalar y determinar los valores máximo y mínimo:

$$X_{\text{máx}} = 175 \text{ y } X_{\text{mín}} = 72$$

## DIAS DE CONSTRUCCION DE 103 CASAS DE INTERES SOCIAL

DATOS										$X_{\max}$	$X_{\min}$
130	122	158	119	107	154	138	112	125	146	157	107
91	120	118	101	145	118	124	129	174	137	174	91
97	117	116	103	108	139	123	119	115	109	139	97
134	97	102	151	161	175	87	93	114	129	175	83
170	134	125	135	111	119	116	122	148	114	170	111
112	121	106	172	98	141	106	106	127	123	172	98
147	113	97	97	104	133	147	101	161	72	161	72
126	83	112	86	144	133	110	132	103	99	144	83
136	149	105	122	118	148	112	110	160	104	160	104
162	93	132	140	118	118	91	145	126	135	162	91
131	93	139								139	93

Tabla 1.11 Días de construcción de casas de interés social

Etapa A. 3° Paso.- Determinar la unidad de medida mínima de los dígitos de los datos:

$$A = 1$$

Etapa A, 4° Paso.- Calcular el número total posible de datos (K).

$$K = [(X_{\max} - X_{\min})/A] + 1 = [(175-72)/1] + 1 = 104$$

Etapa A. 5° Paso. - Determinar el tamaño provisional de las clases de los datos:

$$C' = (K / \sqrt{N}) A = (104 / \sqrt{103}) (1) = 10.24$$

Etapa A, 6° Paso.- Decidir el tamaño práctico de las clases de los datos:

$$C = 10.0$$

Etapa A. 7° Paso.- Calcular las fronteras mínima y máxima de la clase menor de los datos:

$$CL1_{\min} = X_{\min} - (A/2) = 72 - (1/2) = 71.5$$

$$CL1_{\max} = X_{\min} + C = 71.5 + 10 = 81.5$$

Etapa A. 8° Paso.- Elaborar la tabla de frecuencias que muestre los datos de los días de construcción de 103 casas de interés social, agrupados por frecuencias. Esta se muestra en la tabla 1.12.

Etapa B: Calcular la media y la desviación estándar.

Para los datos anteriores tenemos una vez hecho el cálculo de la media y la desviación estándar los siguientes valores:

$$\bar{X} = 123.2 \quad \sigma = 22.9$$

Etapa C: Dibujar el diagrama resultante. Tal y como se muestra en la figura 1.19.

Clase i	Fronteras de Clases		Marca de Clases $X_i$	C o n t e o	Frec. Absoluta	Artificio Numérico	$Xf_i$	$X^2f_i$
	Inferior	Superior			$f_i$	X		
1	71.5	81.5	76.5	/	1	-4	-4	16
2	81.5	91.5	86.5	//// /	6	-3	-18	54
3	91.5	101.5	96.5	//// ////	10	-2	-20	40
4	101.5	111.5	106.5	//// //// ////	14	-1	-14	14
5	111.5	121.5	116.5	//// //// //// //// /	21	0	0	0
6	121.5	131.5	126.5	//// //// ////	15	+1	+15	15
7	131.5	141.5	136.5	//// //// //// /	16	+2	+32	64
8	141.5	151.5	146.5	//// ////	10	+3	+30	90
9	151.5	161.5	156.5	////	5	+4	+20	80
10	161.5	171.5	166.5	//	2	+5	+10	50
11	171.5	181.5	176.5	///	3	+6	+18	108
$X_o =$			116.5	Sumas	103		69	581

Tabla 1.12 Tabla de Distribución de frecuencias

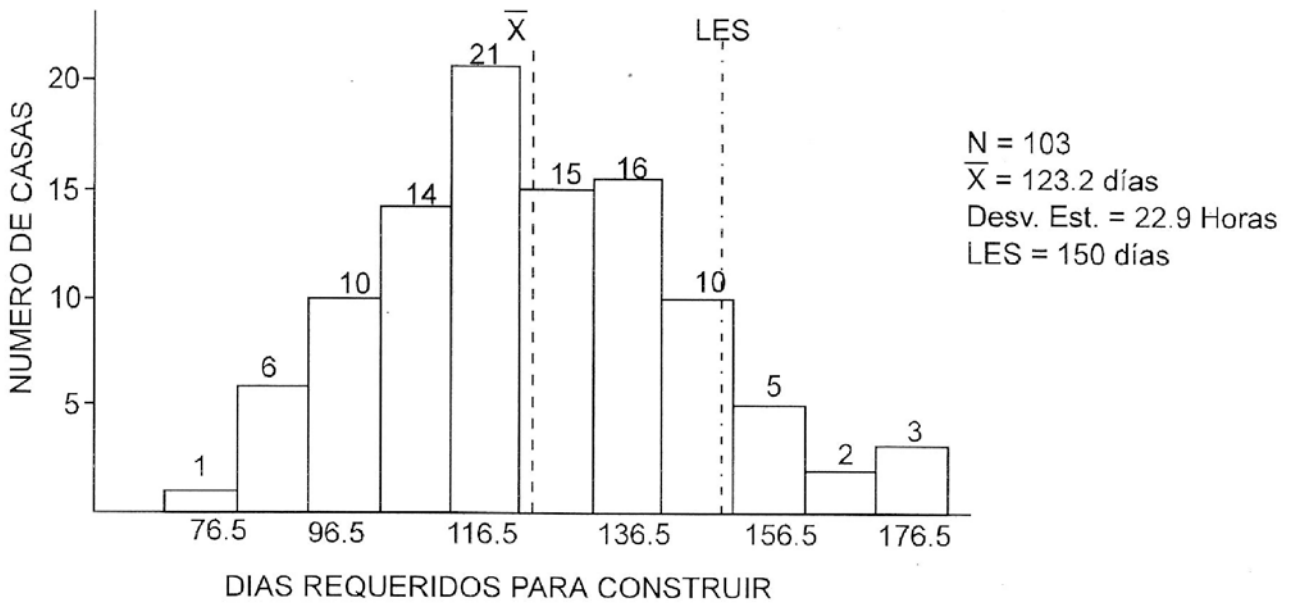


Fig. 1.19 Histograma que muestra la distribución de los días requeridos para construir casas de interés social

Comentarios:

- 1) La compañía constructora se está desempeñando con resultados normales.
- 2) En promedio las casas se están construyendo dentro de la política económica establecida.
- 3) La empresa debe mejorar su gestión administrativa porque la dispersión del tiempo invertido para la construcción entre casa y casa es alto,  $\sigma = 22.9$  días.

## Ejercicio # 2

Representar gráficamente el histograma, generar los comentarios sobre los datos de un lote de flechas cuyo diámetro exterior se pretende controlar.

## DIÁMETRO EXTERIOR DE UN LOTE DE 100 PIEZAS

DATOS										$X_{\text{máx}}$	$X_{\text{mín}}$
3.56	3.46	3.48	3.50	3.42	3.43	3.52	3.49	3.44	3.50	3.56	3.42
3.48	3.56	3.50	3.52	3.47	3.48	3.46	3.50	3.56	3.38	3.56	3.38
3.41	3.37	3.47	3.49	3.45	3.44	3.50	3.49	3.46	3.46	3.50	3.37
3.55	3.52	3.44	3.50	3.45	3.44	3.48	3.46	3.52	3.46	3.55	3.44
3.48	3.48	3.32	3.40	3.92	3.34	3.46	3.43	3.30	3.46	3.52	3.30
3.59	3.63	3.59	3.47	3.38	3.52	3.45	3.48	3.31	3.46	3.63	3.31
3.40	3.54	3.46	3.51	3.48	3.50	3.68	3.60	3.46	3.52	3.68	3.40
3.48	3.50	3.56	3.50	3.52	3.46	3.48	3.46	3.52	3.56	3.56	3.46
3.52	3.48	3.46	3.45	3.46	3.54	3.54	3.48	3.49	3.41	3.54	3.41
3.41	3.45	3.34	3.44	3.47	3.41	3.41	3.48	3.54	3.47	3.54	3.34

Etapa A: Construir la tabla de distribución de frecuencias.

1° Paso.-  $N = 100$

2° Paso.-  $X_{\text{max}} = 3.68$  y  $X_{\text{min}} = 3.30$

3° Paso.-  $A = 0.01$

4° Paso.-  $K = [(X_{\text{máx}} - X_{\text{mín}})/A] + 1 = 39$

5° Paso.-  $C' = (K / \sqrt{N}) A = 0.039$

6° Paso.-  $C = 0.05$

7° Paso.-  $CL1_{\text{min}} = X_{\text{min}} - (A/2) = 3.295$

$$CL1_{\text{max}} = X_{\text{min}} + C = 3.345$$

8° Paso.- Realizar la tabla de frecuencias que muestra los resultados del diámetro exterior de 100 flechas, agrupados por frecuencias. Tal y como se ve en la tabla 1.13.

Etapa B: Calcular la media y la desviación estándar de los datos.  $X = 3.477$   $\sigma = 0.063$

Etapa C: Dibujar el histograma resultante de la agrupación por frecuencias de los diámetros exteriores de 100 flechas

Clase	Fronteras de Clases		Marca de Clases $X_i$	C o n t e o	Frec. Absoluta	Artificio Numérico	$Xf_i$	$X^2f_i$
	Inferior	Superior			$f_i$	X		
1	3.295	- 3.345	3.32	////	5	- 3	-15	45
2	3.345	- 3.395	3.37	///	3	- 2	- 6	12
3	3.395	- 3.445	3.42	//// // //	15	- 1	-15	15
4	3.445	- 3.495	3.47	//// // // // // / //// // // // // // /	42	0	0	0
5	3.495	- 3.545	3.52	//// // // // // // //	24	+ 1	24	24
6	3.545	- 3.595	3.57	//// //	8	+ 2	16	32
7	3.595	- 3.645	3.62	//	2	+ 3	6	18
8	3.645	- 3.695	3.67	/	1	+ 4	4	16
$X_o =$			3.47	Sumas	100		14	162

Tabla 1.13 Distribución de frecuencias después del paso 8.

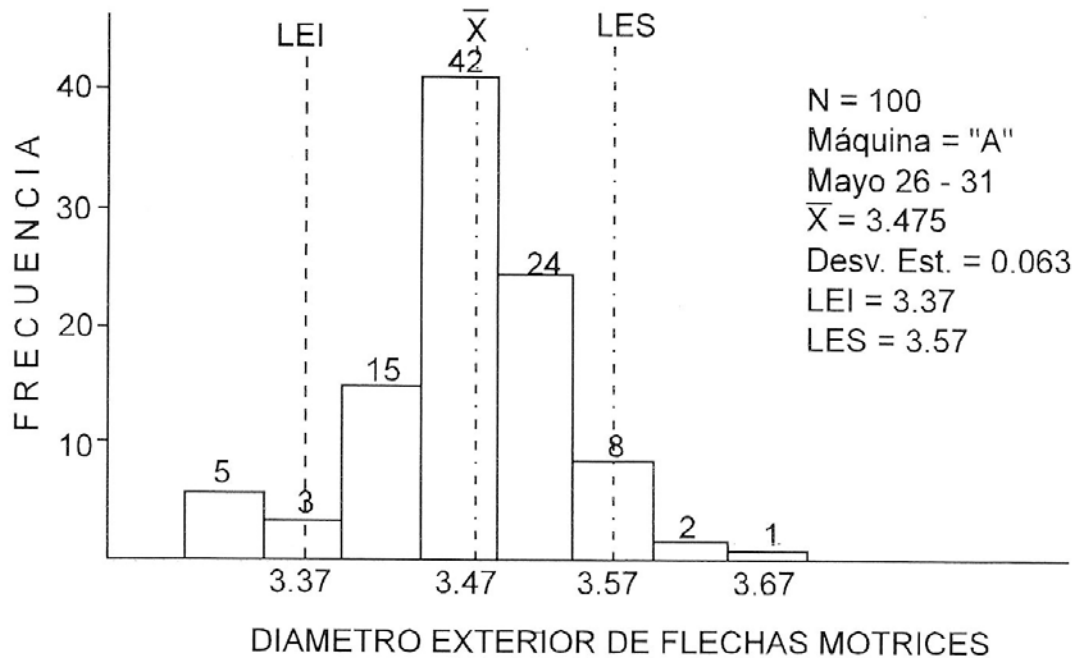


Fig. 1.20 Histograma que muestra la distribución de frecuencias del Diámetro exterior de un lote de 100 flechas maquinadas.

Comentarios:

- 1) El proceso de maquinado genera una distribución con una tendencia central dentro de las especificaciones.
- 2) El proceso genera resultados con mucha dispersión y su capacidad de calidad es muy limitado.

- 3) Las especificaciones son muy exigentes y debe negociarse su apertura o se requieren acciones sobre las variables vitales del proceso aunque posiblemente con alto sacrificio económico.

### Conceptos y características básicas sobre la distribución normal

El histograma definido en forma sencilla y práctica resulta de la agrupación de datos en forma de barras, que nos dan idea de la tendencia de los datos y el tipo de dispersión que tienen. Ahora bien, si aumentamos el valor de la muestra el polígono de frecuencias se suaviza y tiende a convertirse en una curva de frecuencias; y dicha muestra puede aumentar hasta considerarse todas las medidas posibles, o sea, toda la población, de manera tal que se puede hablar de la DISTRIBUCION POBLACIONAL.

La distribución poblacional contempla dos elementos importantes como la media poblacional ( $\mu$ ) siendo ésta el número que representa el centro de todas las posibles mediciones; y la “medida de dispersión poblacional” ( $\sigma$ ). La Distribución Poblacional es conocida como Distribución Normal, la cual presenta algunas características que la hacen singular:

1. Generalmente se escribe como  $N(\mu, \sigma^2)$  donde: N es la distribución normal;  $\mu$  la media esperada de la distribución y,  $\sigma^2$  la varianza de la distribución ( $\sigma$  es la desviación estándar).
2. La gráfica es del tipo de campana y la media y la desviación estándar poblacionales la describen totalmente.

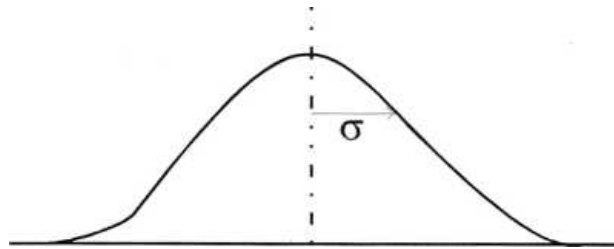


Fig. 1.21 Distribución normal y la desviación estándar.

3. Si la desviación estándar  $\sigma$  permanece fija y la media  $\mu$  toma diferentes valores; se tienen curvas idénticas, y solamente varía el centro de la población.

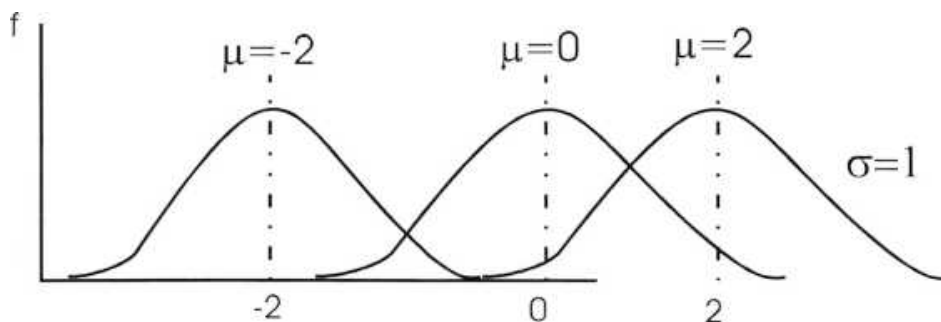


Fig. 1.22 Distribución normal cuando  $\sigma$  permanece fija.



- 4) Ahora, si la media  $\mu$  está fija y la desviación estándar  $\sigma$  toma diferentes valores, varía la dispersión de la población.

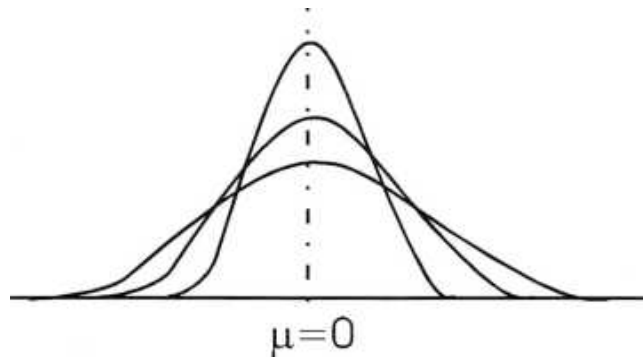


Fig. 1.23 Distribución normal cuando  $\mu$  permanece fija.

- 5) Se puede reducir a una distribución normal estandarizada  $N(0,1)$  mediante una transformación de la variable  $X$  a  $z$ , donde  $z$ , es una variable de probabilidad de la distribución.

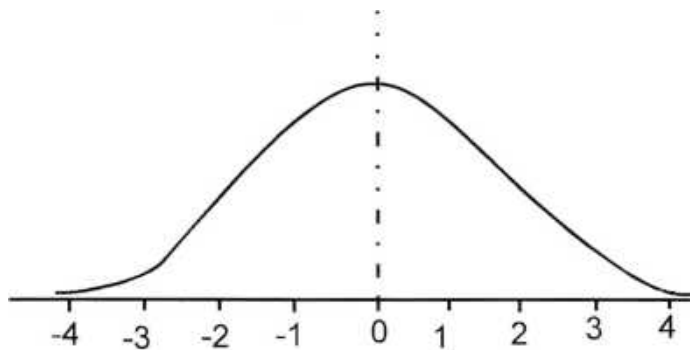


Fig. 1.24 Distribución normal estandarizada.

### Regla de las tres sigmas

Considere que  $P$  y  $1-P$  son las probabilidades de una muestra aleatoria de  $N(\mu, \sigma^2)$  de caer dentro y fuera de los límites  $\pm \mu, \sigma$  respectivamente. La tabla de normalización da los valores de estas probabilidades para 1, 2,... 5.

El dominio de la variable aleatoria normal es desde el infinito negativo ( $-\infty$ ) hasta el infinito positivo ( $+\infty$ ). Sin embargo, el valor de  $1-P$  para  $\mu=3$  en tal tabla, o sea, la probabilidad de la muestra de caer, fuera de los límites de  $\pm 3\sigma$ , que se denomina frecuentemente "nivel de tres sigmas" es únicamente 0.0027. Expresado de otra forma, tal caso puede ocurrir aproximadamente 3 veces de 1000 pruebas aunque estrictamente hablando, la variable aleatoria normal puede tomar cualquier valor desde  $-\infty$  a  $+\infty$ , prácticamente podrá tomar cualquier valor solamente dentro de los límites  $3\sigma$  (la probabilidad de error en esta forma es de aproximadamente 0.3%). Esta es una regla muy importante sobre la distribución normal denominándose Regla de Tres Sigmas; la cual tiene varias aplicaciones entre las que destacan, la inferencia para los niveles de calidad convencionales

con competitividad a nivel internacional (Índice de Capacidad de la Calidad del Proceso) y la base para calcular los límites de control de las gráficas de control.

### 1.6.5 Diagrama de Dispersión.

Desde el punto de vista de toda la organización debido a la gran cantidad de variables que entran en juego en los procesos, es imposible que los productos resultantes se repitan uno por uno con toda exactitud. Los resultados diarios, por período, por muestra e inclusive los de un proceso en particular muestran dispersión entre ellos mismos. En ocasiones, la falta de distribución normalizada de los productos resultantes es más crítica que el problema de dispersión. Las acciones resultantes sobre el proceso exigen el análisis y conocimiento profundo del mismo, la confirmación de la relación entre variables críticas, la normalización de los resultados del proceso y posteriormente, el control de las causas principales de dispersión y después el control de los errores sobre la distribución (causas menores de dispersión).

La confirmación de la relación entre las distintas variables de los procesos vitales y el desempeño orientado a la mejora continua, en cuanto a la dispersión de los resultados, consideran el empleo del Diagrama de Correlación.

El Diagrama de Correlación es una gráfica de dispersión que muestra comúnmente la relación entre dos variables que son analizadas y graficadas en un par de ejes.

La correlación entre dos variables es fácilmente observable y los tipos de relación más comúnmente son:

- a) La relación entre una causa y un efecto.
- b) La relación entre una causa y otra causa. Por lo general el dato que se piensa representa la causa del problema es colocado sobre el eje horizontal del diagrama, y, el efecto que se asume, se señala sobre el eje vertical.

Para saber la presencia o ausencia de correlación puede ser calculada en forma de un índice, aunque solamente dibujando el diagrama de dispersión nos permite tener una idea general sobre la correlación.

Las figuras 1.19 y 1.30 siguientes representan diagramas las cuales presentan la relación entre dos datos que son graficados en un par de ejes (horizontal y vertical).

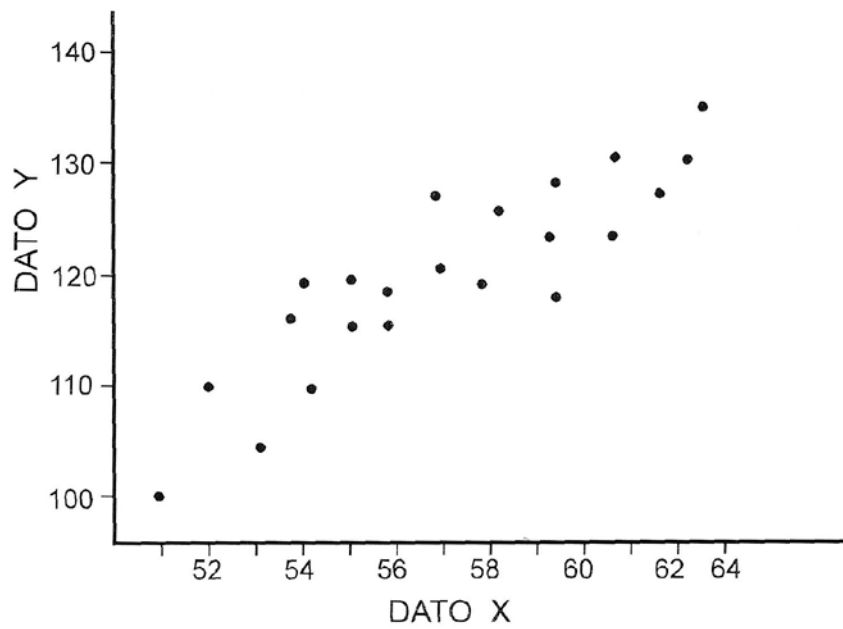


Fig. 1.29 Diagrama de Correlación en donde a medida que X aumenta Y aumenta.

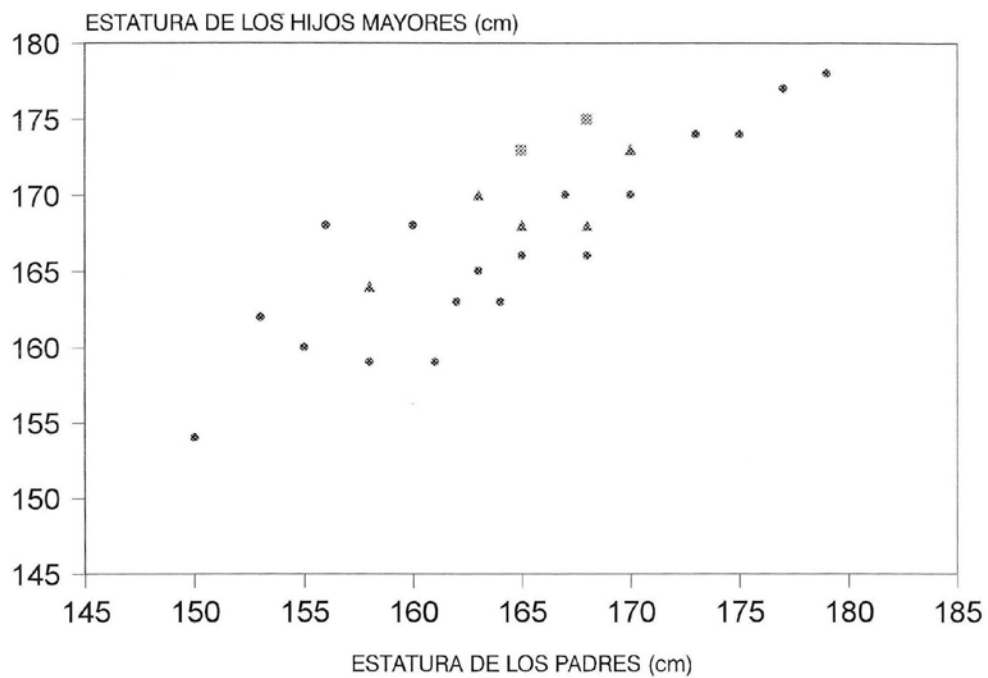
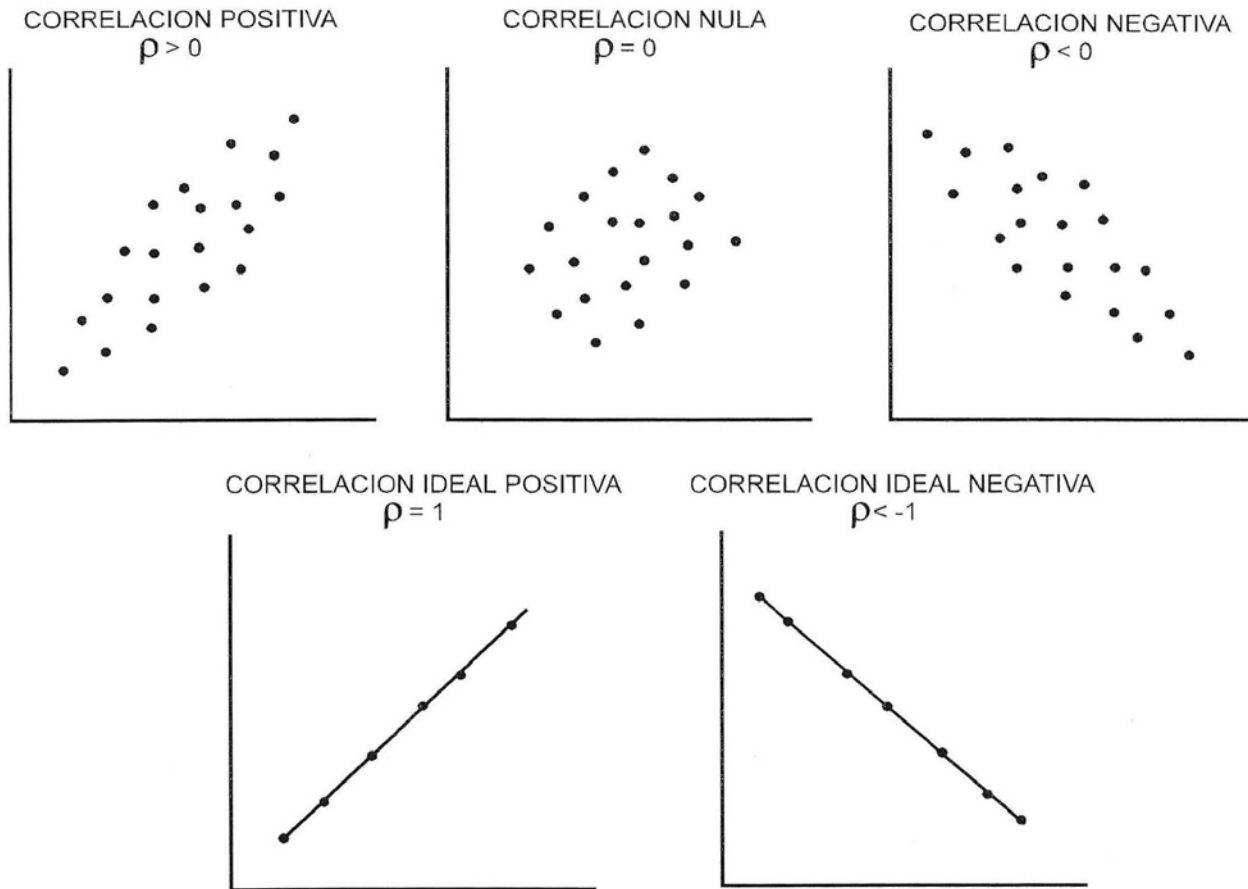


Fig. 1.30 Diagrama de Correlación entre la estatura de 25 padres y la estatura de sus hijos mayores de 20 años de edad (en centímetros)

### Las cinco formas posibles de correlación entre dos variables

Sobre la base del diagrama de dispersión graficado el índice de correlación calculado, la relación entre las variables puede ser positiva, negativa, nula o ideal. Estos casos se representan gráficamente a continuación.



*Fig. 1.31 Cinco posibles formas de Correlación.*

### ¿Para qué nos sirve el diagrama de Correlación?

El diagrama de Correlación en el control y la mejora de procesos y productos sirve para:

- 1) Confirmar las sospechas de causas que afectan una característica de calidad en estudio.
- 2) Analizar la existencia de correlación entre una causa y un defecto o entre una causa y otra causa principalmente.
- 3) Determinar el índice de correlación entre dos variables.
- 4) Analizar la dispersión de las características de calidad y su tendencia

**Procedimiento de construcción.**

La utilización del diagrama de Correlación no implica conocimientos superiores sino el deseo o necesidad de demostrar gráficamente y objetivamente la influencia que una variable tiene sobre la otra; “una gráfica dice más que mil palabras” y para efectos prácticos sin necesidad de calcular el coeficiente de correlación con la representación gráfica es posible interpretar la existencia o no de correlación.

La construcción e información completa de este diagrama se fundamenta en tres grandes etapas, conteniendo los siguientes pasos:

**Etapla A:** Construir el diagrama de dispersión.

1° Paso.- Tener bien definido el objetivo.

2° Paso.- Tomar una muestra significativa de pares de datos cuya relación será estudiada. Resulta práctico considerar entre 30 y 90 pares de datos.

3° Paso.- Trazar los ejes horizontal (lo que se supone es la causa) y vertical (lo que se supone es el efecto), indicando lo que representan cada uno y con la escala determinada por los mismos datos.

4° Paso.- Graficar los puntos y encerrarlos con uno o más círculos en caso de que se repitan.

**Etapla B:** Interpretar y confirmar la existencia de correlación y su tipo.

5° Paso.- Interpretar si la correlación entre las dos variables existe en base al diagrama de dispersión. Si la correlación es obvia se puede pasar al 7o paso.

**Etapla C:** Calcular el índice de correlación y terminar el diagrama.

6° Paso.- Determinar el índice de correlación a través de la fórmula de mínimos cuadrados. La cual consiste en:

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}}$$

Donde: x = Valores de la causa

y = Variable que define el efecto

n = Número total de datos.

7° Paso.- Configurar el diagrama de dispersión con su nombre, con los datos de interpretación y/o confirmación de la existencia de correlación y el índice de correlación calculado así como con la información particular y específica.

Ejemplo constructivo # 1

**Etapas A:**

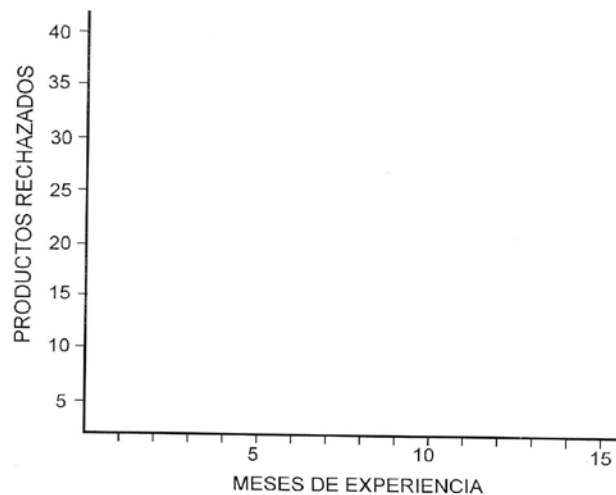
1° Paso.- Tener bien definido el objetivo.

Determinar si existe correlación entre el tiempo de experiencia de los ensambladores finales de Juegos de Miniatura y el porcentaje de productos rechazados en las últimas dos semanas.

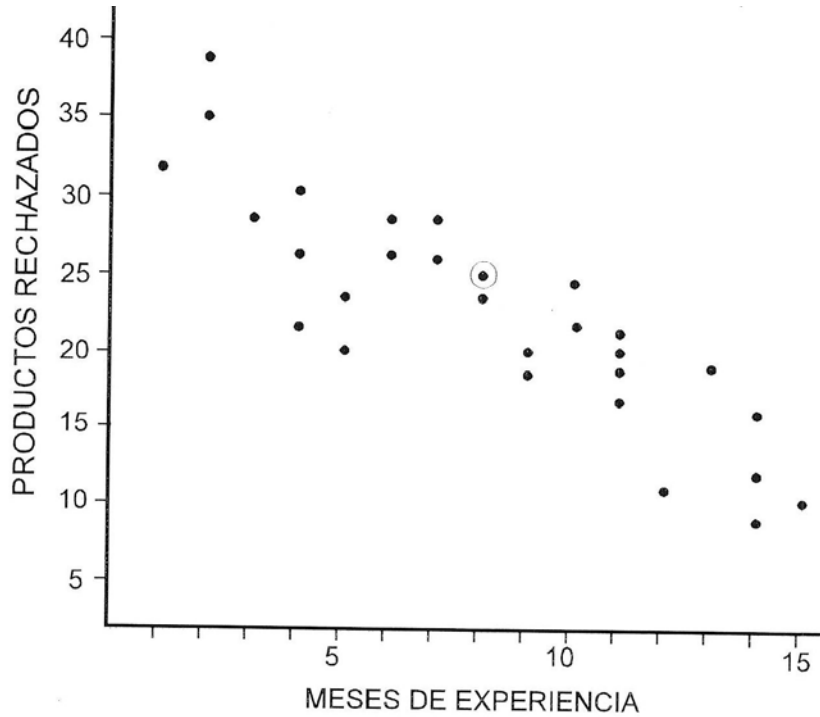
2° Paso.- Tomar una muestra significativa de datos en este caso de  $N = 30$ .

Ensamblador	Meses de experiencia X	Productos rechazados Y	Ensamblador	Meses de experiencia X	Productos rechazados Y
1	9	20	16	14	6
2	14	16	17	9	18
3	12	18	18	7	28
4	4	30	19	7	26
5	12	11	20	6	28
6	5	23	21	8	23
7	4	26	22	2	35
8	11	22	23	15	10
9	3	28	24	11	20
10	4	22	25	10	24
11	14	12	26	2	38
12	6	26	27	1	32
13	8	25	28	8	25
14	11	17	29	13	18
15	10	21	30	5	20

3° Paso.- Trazar los ejes horizontal (Meses de Experiencia) y vertical (Productos Rechazados).



4° Paso,- Gráfica de puntos sobre los ejes.



**Etapa B.**

5° Paso.- Interpretar la correlación por observación del diagrama de dispersión.

De acuerdo al diagrama de dispersión se deduce que existe una correlación entre la variable X (meses de experiencia) con respecto a la variable Y (Productos Rechazados); además el tipo de correlación que se presenta es negativa

**Etapa C:** Calcular el índice de correlación y terminar el diagrama.

6° Paso.- Determinar el índice de correlación a través de la fórmula de mínimos cuadrados. La cual consiste en:

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}}$$

Donde

$$\begin{aligned}
 N &= 30 & \bar{X} &= \frac{\sum X}{N} = \frac{245}{30} = 8.1 \\
 \sum X &= 245; & \bar{Y} &= \frac{\sum Y}{N} = \frac{670}{30} = 22.3 \\
 \sum Y &= 670 & \sum (X^2) &= 2473 \\
 \sum XY &= 4752; & \sum (Y^2) &= 16412
 \end{aligned}$$

Sustituyendo los valores anteriores en la ecuación tenemos:

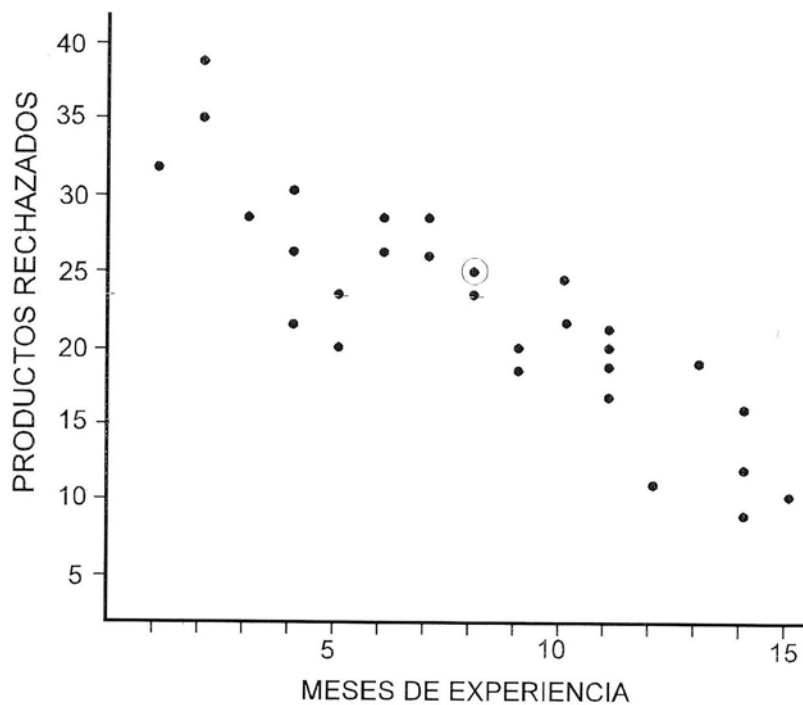
$$r = \frac{30(4752) - (245)(670)}{\sqrt{30(2473) - (245)^2} \sqrt{30(16412) - (670)^2}} = \frac{-21590}{24811.507} = -0.8702$$

Por lo que el índice de correlación resulta ser:  $r = -0.87$

### Etapa C.

7° Paso.- Configurar el diagrama de dispersión con su nombre, con los datos de interpretación.

DIAGRAMA DE DISPERSION QUE MUESTRA LA CORRELACION ENTRE LA EXPERIENCIA DE ENSAMBLADORES DE JUGUETES Y EL PORCENTAJE DE PRODUCTOS DEFECTUOSOS.



Conclusiones generales del ejercicio.

1. Se puede concluir y confirmar la existencia de una correlación inversa de 0.87 ya que en la medida en que se incrementa la experiencia de los ensambladores se reduce el porcentaje de Productos Rechazados.
2. En base al diagrama de dispersión resultante no se justifica el cálculo del índice de correlación.

Conclusión general.- En base a los resultados del diagrama de dispersión y para fines prácticos puede no requerirse el cálculo del índice de correlación.

A continuación se presentan algunos problemas que se recomiendan resolver a fin de generar la habilidad práctica en el ejercicio del diagrama de correlación.



1. Investigar si existe correlación entre la edad y la calificación práctica de personal aspirante a ingresar a una Empresa Metal Mecánica. Calcule el índice de correlación y dé sus comentarios. Se proporcionan los siguientes datos.

Operador	Edad	Calif. práctica	Operador	Edad	Calif. práctica	Operador	Edad	Calif. práctica
1	27	64	11	23	34	21	26	63
2	26	41	12	25	45	22	27	47
3	25	40	13	43	63	23	25	57
4	31	34	14	29	41	24	28	35
5	33	36	15	33	54	25	25	65
6	34	35	16	29	35	26	25	37
7	25	35	17	33	35	27	31	30
8	22	31	18	26	66	28	28	60
9	34	32	19	28	44	29	23	58
10	23	30	20	22	39	30	25	42

2. Determinar la correlación existente entre la latitud en grados de 30 ciudades del mundo, y su temperatura promedio en grados centígrados. Calcular el coeficiente de correlación y de la gráfica de dispersión indique sus comentarios.

Ciudad	Latitud	°C	Ciudad	Latitud	°C	Ciudad	Latitud	°C
Acapulco	17	31	Copenhague	56	11	Madrid	40	19
Acrra	6	30	Dakar	15	29	Manila	15	32
Argel	37	24	Dublín	53	13	Montreal	46	10
Amsterdam	52	12	Helsiky	60	8	Oslo	60	10
Belgrado	45	17	Hong Kong	22	25	Ottawa	45	11
Berlín	53	13	Estambul	41	18	París	49	15
Bogotá	5	19	Jerusalén	32	23	Praga	50	12
Bombay	19	30	Leningrado	60	8	Roma	42	22
Bucarest	44	17	Lisboa	39	19	Saigón	11	32
Calcuta	22	32	Londres	52	14	Shanghái	31	21

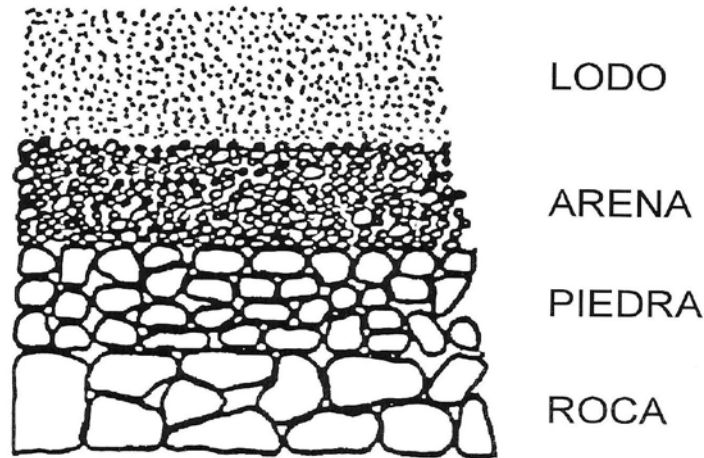
### 1.6.6 Estratificación

Tomando en cuenta la importancia en el análisis de los datos para el Control de Calidad, es indispensable lograr los objetivos específicos en la operación diaria, sin perder de vista los objetivos generales; esto es, no se puede conservar el bosque, sino se conserva cada árbol. En repetidas ocasiones, las verdaderas causas de los problemas son tan profundas que se hace necesario ir hasta el fondo para localizarlas.

La estratificación es la clasificación de datos como defectuosos, causas, fenómenos, tipos de defectos (críticos, mayores y menores), en una serie de grupos con características

similares y propósitos comunes, con el propósito de comprender mejor la situación y encontrar la causa mayor más fácilmente.

El concepto de estratificación puede ser explicado más fácilmente con el siguiente dibujo:



En realidad, la estratificación es, como el diagrama de correlación, el primer paso a seguir después de la utilización del Diagrama Causa y Efecto, pero su utilización depende de la naturaleza de los datos. Lo importante por ahora es entender que la estratificación (categorización) es clasificar los datos con el objeto de analizar la causa elegida (en el diagrama de causa y efecto) y confirmar su efecto sobre la característica de calidad a mejorar o problema a resolver.

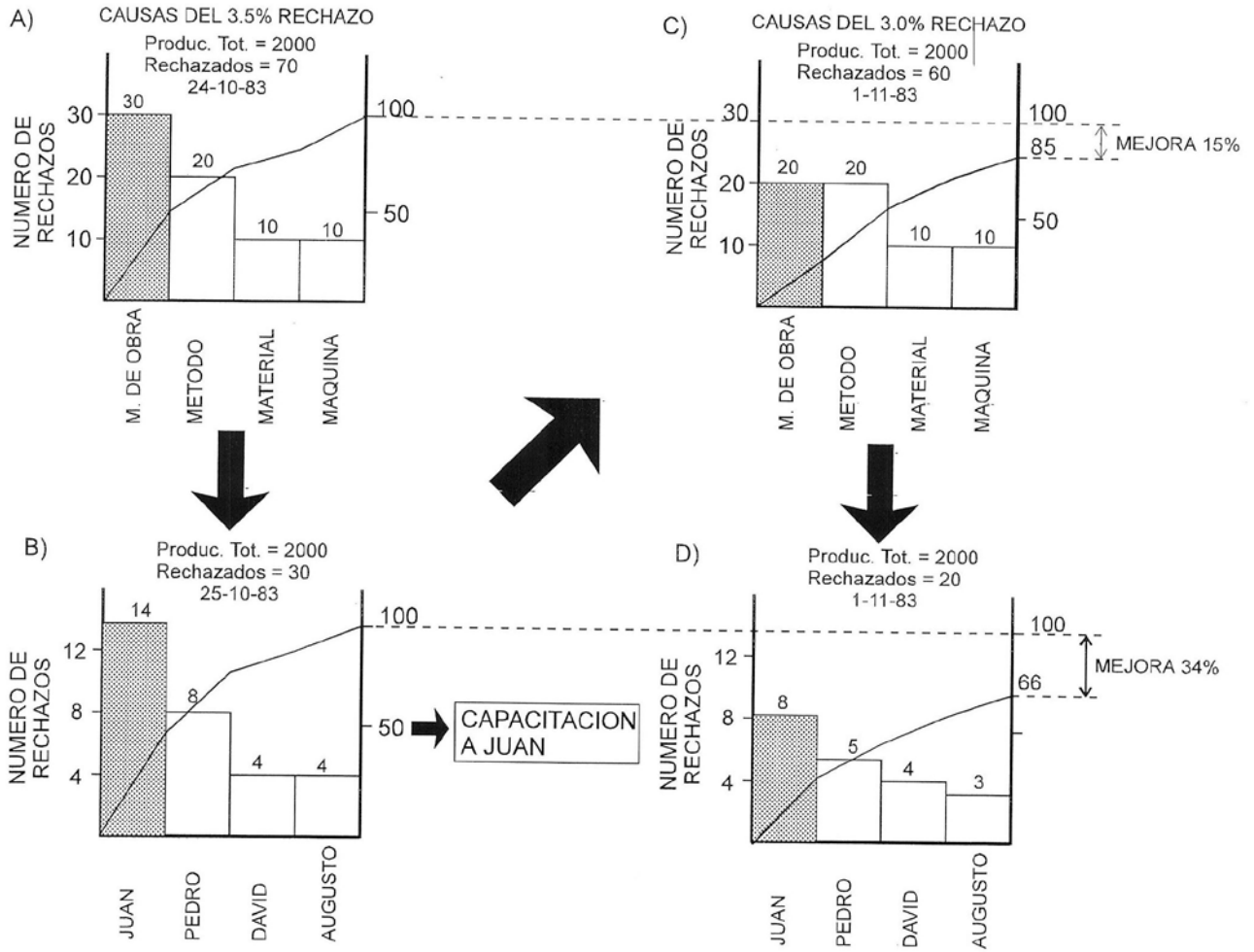
Podemos entonces concluir que la estratificación representa el medio adecuado para llegar a determinar el núcleo o punto central, vital de las cosas, y de esta manera entender el significado de cada cosa. Generalmente este artificio estadístico sirve para:

- 1) Categorizar los datos en estratos de características comunes.
- 2) Profundizar en la detección de las causas verdaderas, vía análisis exhaustivo.
- 3) Confirmar el efecto de las causas.
- 4) Confirmar el efecto de las mejoras.
- 5) Establecer alternativas de solución concretas.
- 6) investigar y establecer medidas contingentes.

Veamos lo anterior con algunos ejemplos.

#### Ejemplo # 1

En una planta ensambladora de autopartes eléctricas, el 70% de los defectivos son ocasionados por el departamento de embobinado, lo que representa un 3.5% de productos rechazados. Vía el Diagrama de Pareto se estratifico profundizando en las causas principales y se tuvieron los siguientes resultados.



Ejemplo # 2

Determinación de las causas de los defectos en un taller de maquinado vía categorización.

Producción semana No.: 40. Piezas producidas: 264

Análisis de defectos estratificado por operador  
 De 9 operadores los que más defectos produjeron fueron:

Operador	Piezas producidas	Piezas defectuosas	Porcentaje defectuoso
Gilberto	38	5	13%
Raymundo	24	4	17%
Joel	38	10	26%
Total	100	19	19%

Análisis de defectuosos estratificado por máquina. Las tres Mandriladoras que operan son:

Las tres Mandriladoras que operan son:

Máquina	Piezas Producidas	Piezas Defectuosas	Porcentaje Defectuoso
A	84	3	3.5%
B	90	10	11.1%
C	90	12	13.3%
Total	264	25	9.5%

En este ejemplo podemos observar que el porcentaje de defectos de las máquinas B y C son aproximadamente iguales. Esto nos permite identificarlas como causas principales a analizar para el mejoramiento de determinada característica de calidad identificada previamente, lo que a su vez significa mejorar la calidad de conformancia o productividad de ambas máquinas.

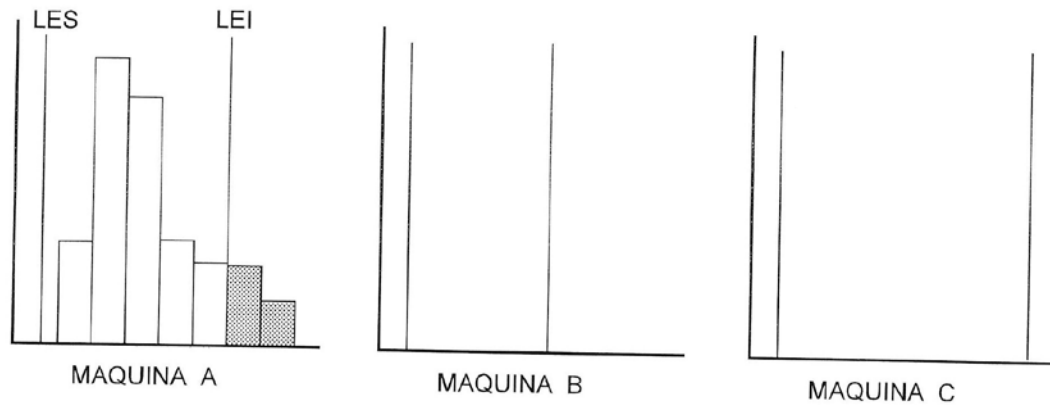
Análisis de defectos estratificado por material abastecido de los tres proveedores, los más importantes:

Proveedor	Piezas fabricadas	Piezas defectuosas	Porcentaje defectuoso
Materias Primas S.A.	106	30	28.3%
Provedora Industrial	94	28	29.7%
Total	200	58	29.0%

En este ejemplo podemos observar que el porcentaje de defectos en el producto terminado es alto y, aproximadamente, el mismo independientemente del proveedor. Por lo tanto, debemos investigar causas atribuibles al propio proceso, como: maquinaria y equipo, métodos de trabajo y mano de obra.

Otros tipos de estratificación son, por ejemplo: por operarios, por líneas de ensamble y por días de trabajo. De esta forma es fácil detectar cuáles son las condiciones que influyen sobre la característica de calidad o problema de estudio.

La estratificación también se puede utilizar en histogramas, diagramas de dispersión, gráficas de control, etc., como se ilustra en el siguiente ejemplo:



En este caso observamos que el problema de producción no reside en la máquina C. Si consideramos los datos globales (sin estratificar) no podríamos concluir lo anterior. La siguiente pregunta es: ¿Qué pasa con la máquina C que no sucede con la A y con la B?

### Procedimiento de construcción.

La aplicación de este artificio estadístico implica los siguientes pasos:

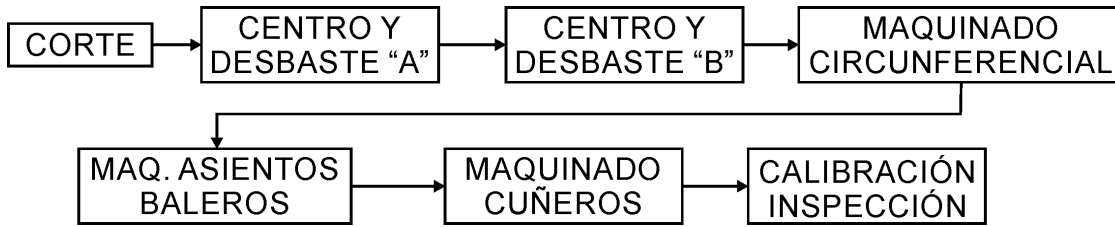
- 1° Paso.- Tener claro el objetivo y obtener los datos.
- 2° Paso.- Clasificar y analizar los datos vía técnicas estadísticas.
- 3° Paso.- Profundizar y analizar los datos, preferentemente vía la misma técnica que la empleada en el paso anterior.
- 4° Paso.- Determinar la(s) causa(s) verdadera(s) y tomar acciones.
- 5 Paso.- Confirmar el efecto de la mejora

A continuación se muestran ejemplos constructivos para facilitar el sentido práctico del artificio de la Estratificación y sobre su metodología constructiva.

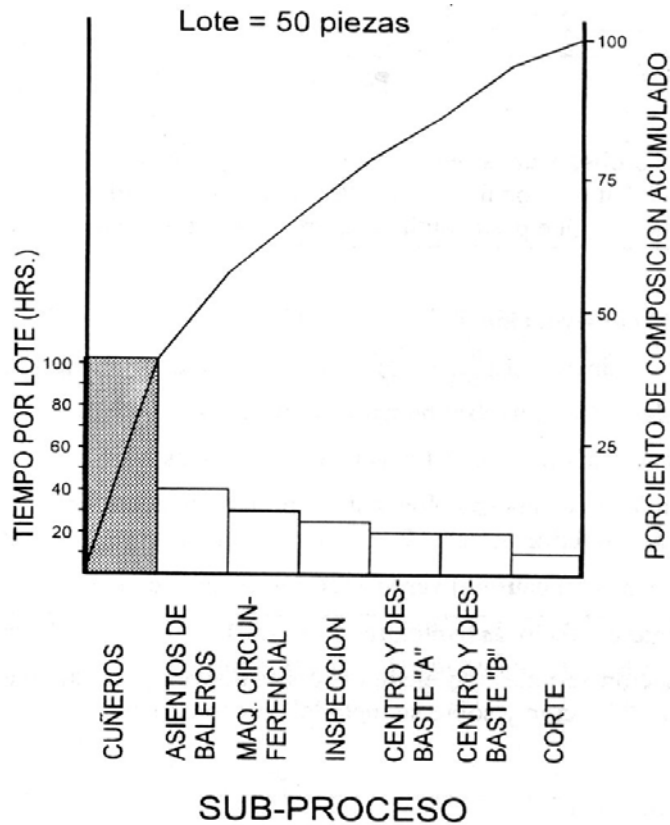
#### Ejemplo constructivo # 1

La alta gerencia de una Empresa de autopartes con nivel de competitividad internacional actúa anualmente con políticas generales, y una de ellas para este año es la de reducir los tiempos de fabricación. Una sección de la Empresa ha emprendido este reto.

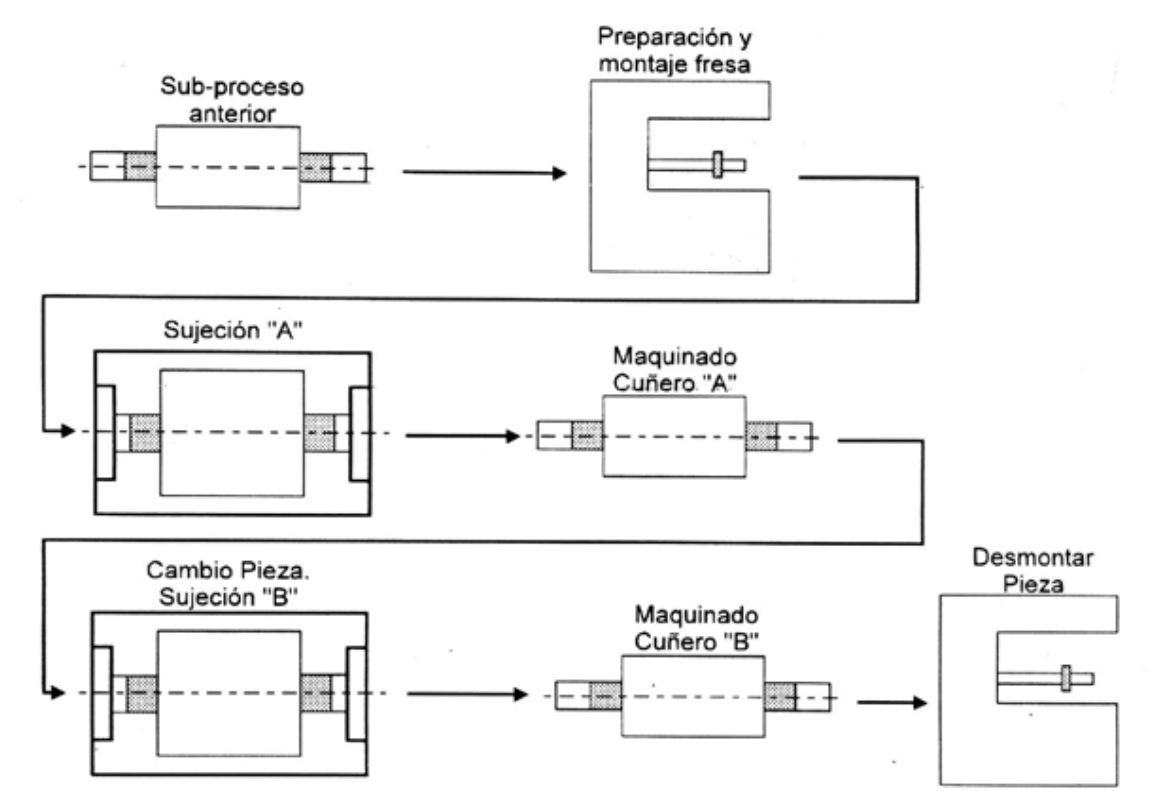
- 1° Paso.- Reducir el tiempo de fabricación de la flecha "X"



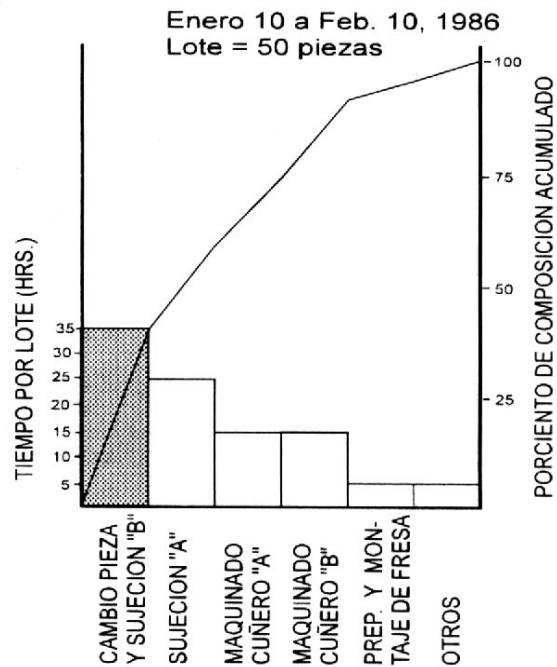
2° Paso.- Clasificar y analizar vía Diagrama de Pareto sobre el sub-proceso en cuanto al tiempo empleado para fabricación de la flecha "X".



Se estratificará el sub-proceso de maquinado de cuñeros con el propósito de encontrar la etapa del mismo que consume más tiempo y analizar las contramedidas para reducir tal tiempo.



3° Paso.- Profundizar y analizar el sub-proceso de maquinado de cuñeros vía Diagrama de Pareto.



4° Paso.- Determinar la causa principal y tomar acciones.

Se concluye que la causa principal de consumo de tiempo de fabricación de la flecha es el cambio de pieza y sujeción "B" y se concluye también llevar a cabo dos acciones principales:

1. Diseño y uso de herramienta especial.
2. Uso de una cabeza universal.

5° Paso.- Confirmar el efecto de las mejoras.

Después de una justificación económica, se diseñaron e implementaron herramientas especiales que redujeron en un 16% el tiempo de fabricación de las flechas.

### Ejemplo constructivo # 2

1° Paso.- Tener claro el objetivo y obtener los datos.

Analizar las calificaciones de contratación de 91 operarios calificados entre 300 técnicos reclutados tomando como referencia que 60 puntos es el nivel regularmente aceptado a nivel internacional. Analizar también los criterios de evaluación (Españoles) y los de Reclutamiento, Selección y Contratación (Mexicanos).

TABLA DE DATOS SOBRE LA CALIFICACIÓN FINAL Y DE CONTRATACIÓN

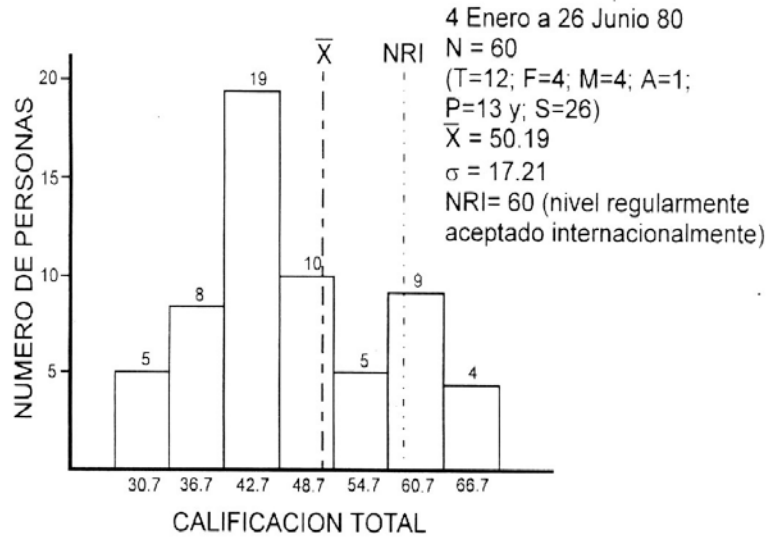
DATOS										$X_{max}$	$X_{min}$
T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	50.8	35.3
39.6	49.5	44.9	35.3	50.8	41.6	48.6	43.3	46.4	44.8		
T	T	F	F	F	F	M	M	M	M	49.5	27.7
27.6	46.7	42.9	38.5	47.3	48.6	49.6	39.5	34.6	39.4		
P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	73.7	38.8
44.1	46.4	70.0	73.7	41.9	38.8	63.0	52.1	44.6	49.8		
P	P	P	P	S	S	S	S	S	S	64.4	31.7
54.2	35.1	50.8	31.7	51.6	64.4	46.2	57.5	42.0	43.2		
S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	71.9	45.4
71.9	61.7	68.0	65.7	59.6	45.4	69.7	60.0	60.7	56.4		
S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	58.1	36.6
50.3	42.8	57.7	40.5	58.1	43.8	36.6	45.3	39.1	47.0		

T=Torneros; F= Fresadores; M=Mandriladores; A=Ajustadores; P= Paileros; y S=Soldadores

2° Paso.- Clasificar y analizar los datos vía Histograma.

HISTOGRAMA QUE MUESTRA LA AGRUPACIÓN POR FRECUENCIAS DE LAS CALIFICACIONES TOTALES DE CONTRATACIÓN DE TODO EL PERSONAL CONTRATADO. (El personal realmente contratado en la primera fase sumo 91 personas de las cuales 15 son aprendices y el resto no tienen datos completos)

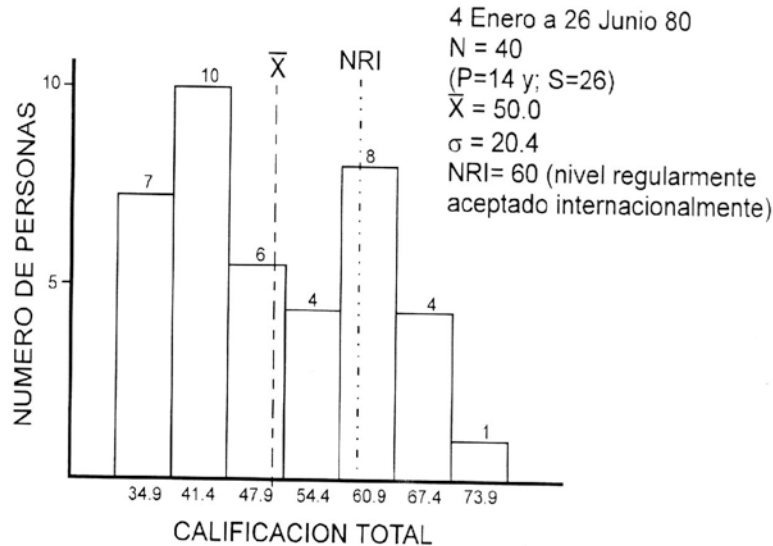




Comentarios:

- 1) Calificación promedio de 50.2 puntos. Muy alto porcentaje de personal fuera de competencia internacional.
- 2) Dispersión sumamente alta (casi tres veces el tamaño de las clases (6)).
- 3) Indispensable establecer el límite de especificación inferior para la contratación a futuro.
- 4) Es necesario estratificar por departamento y por especialidad.

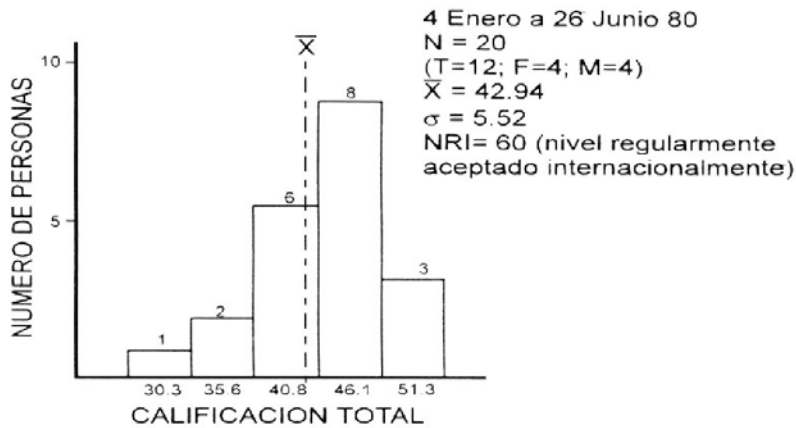
5° Paso.- Profundizar y analizar con histogramas y por departamento.



Comentarios:

- 1) Calificación media de 50.0 puntos abajo del nivel internacional (regular).
- 2) Hay dos “picos” y una dispersión muy alta por lo que es necesario estratificar por especialidad.

HISTOGRAMA QUE MUESTRA LA AGRUPACIÓN POR FRECUENCIAS DE LAS CALIFICACIONES TOTALES DE CONTRATACIÓN DEL PERSONAL CONTRATADO PARA EL DEPARTAMENTO DE MECANIZADO

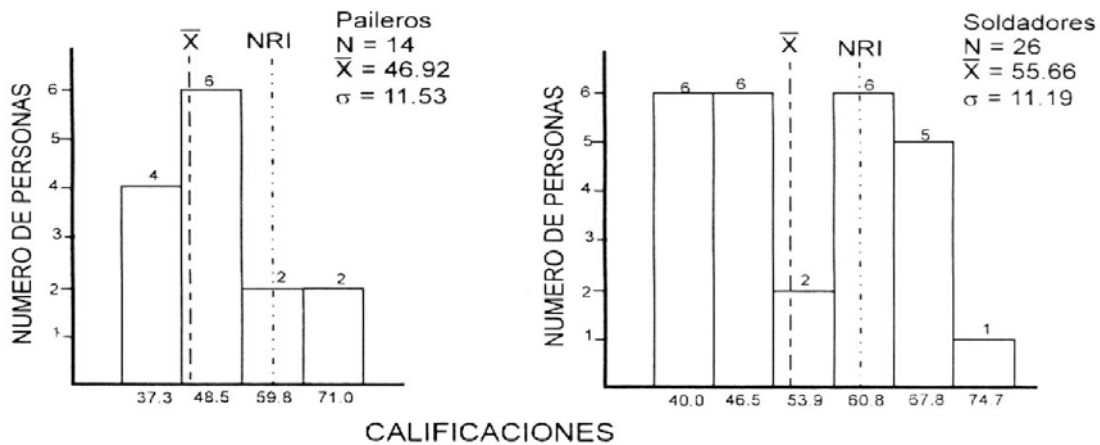


Comentarios:

- 1) Calificación media de 42.94 puntos abajo del nivel regularmente aceptado internacionalmente.
- 2) Todo el personal fuera del nivel regularmente aceptado a nivel internacional.

4° Paso.- Determinar las verdaderas causa y tomar acciones.

HISTOGRAMAS QUE MUESTRAN LA AGRUPACIÓN DE FRECUENCIAS DE LAS CALIFICACIONES TOTALES DE CONTRATACIÓN DE PERSONAL CONTRATADO PARA LAS ESPECIALIDADES DEL DEPARTAMENTO DE METALURGIA



Comentarios:

- 1) Calificaciones medias por abajo del nivel regularmente aceptado internacionalmente.
- 2) Dispersión sumamente alta.
- 3) Falta de control total en la especialidad de soldadura.

Causas principales:

- a) Nivel de preparación y habilidad en estas especialidades bajo a nivel nacional.
- b) Ausencia total de un sistema congruente entre reclutamiento y selección de personal con los requerimientos técnicos.
- c) Falta de políticas para la contratación de personal entre lo que destaca la falta de definición de un nivel medio de evaluación para la contratación.
- d) Evaluación técnica sumamente exigente.

5° Paso.- Entre las medidas más importantes destacan:

- a) Definición de políticas sobre reclutamiento, selección evaluación y contratación de personal; y
- b) Un programa intensivo de capacitación y adiestramiento a todo el personal por un espacio de 2,000 horas antes de empezar a laborar normalmente.

Estas medidas tradujeron como resultado niveles de preparación promedio en todas las especialidades de 65 puntos, nivel aceptable internacionalmente.

A continuación se señalan algunos problemas que se recomiendan resolver a fin de generar la habilidad práctica en el ejercicio de la estratificación.

### Ejercicio práctico #3

Los datos siguientes representan los resultados de evaluación al personal ejecutivo de un Grupo Industrial. Fecha: Diciembre de 2006.

La evaluación mínima esperada: 60.0 puntos, máxima esperada: 90.0 puntos

D A T O S									
59.9	76.7	78.5	75.7	69.7	74.8	69.7	76.9	67.4	76.7
67.4	72.9	60.4	76.7	72.0	67.4	72.0	69.2	74.4	69.7
74.4	74.4	62.7	74.7	59.9	76.7	55.8	81.8	68.1	65.5
52.0	88.0	44.5	64.5	72.0	71.0	76.5	59.0	90.0	66.0
74.5	70.0	76.5	59.5	54.5	54.5	67.5	66.0	78.0	90.0
64.5	66.5	70.0	65.5	70.0	90.0	54.5	58.0	78.0	77.5
62.3	70.3	66.3	46.3	40.7	68.7	67.1	66.3	44.7	64.7
68.7	64.7	67.1	55.1	60.7	63.9	63.9	56.7	54.1	63.9
46.3	67.1	69.5	71.9	68.7	70.3	59.1	63.1	62.3	79.9
89.8	75.4	79.7	62.4	46.5	88.7	49.0	71.5	75.4	79.2

Los tres primeros renglones corresponden a la División Aceros, los tres siguientes a la División de Industrias, los tres siguientes a la División Química y el último a Oficinas corporativas. Se pide que mediante el uso de la estratificación se analice las calificaciones del personal Ejecutivo así como el criterio de contratación seguido por la empresa. Emita sus conclusiones.

## 1.7 Habilidad y Capacidad del Proceso

Se dice que un producto es de calidad cuando es adecuado al uso, siempre y cuando se mantenga dentro de ciertos límites de especificaciones y son impuestos por necesidad del mercado o de los clientes como algo externo al proceso.

Así en ocasiones, es necesario que la característica del producto se mantenga dentro de dos límites, el límite inferior de especificación (LIE) y el límite superior de especificación (LSE), donde  $LIE < LSE$ ; ejemplos de esta situación son. Dimensiones de productos que tienen que ensamblarse dentro de otros, temperaturas de trabajo, presiones, densidades, etc.

En otras situaciones, se considera importante únicamente uno de los dos límites, así por ejemplo, considerando la presencia de un contaminante no deseado, lo que nos interesa es que el producto no presente más de cierta concentración, en este caso tenemos un límite superior de especificación. Algunos ejemplos son. Concentración de contaminantes, peso, inestabilidad de un producto, tiempo de entrega, resistencia eléctrica, etc.

En cualquiera de los casos se debe tener en cuenta que las necesidades de uno o dos límites y su valor, son fijados con base en las necesidades del mercado o del consumidor.

### Definición de Habilidad.

Es un estudio realizado en una máquina o proceso, para predecir su habilidad para producir consistentemente de acuerdo a sus especificaciones, basándose en datos obtenidos de un pequeño número de muestras que son analizadas estadísticamente.

También se define la habilidad del proceso como la variación medida, inherente del producto que se obtiene en ese proceso.

La definición anterior conlleva a definir cada palabra clave con claridad, ya que el concepto de habilidad tiene enorme gama de aplicaciones y debido a que los términos no científicos son inadecuados para la comunicación dentro de la comunidad industrial.

**Proceso:** Este se refiere a alguna combinación única de máquinas, herramientas, métodos, materiales y personas involucradas en la producción. Con frecuencia es factible separar y cuantificar el efecto de las variables que entran en esta combinación. Tal separación puede proporcionar una visión más clara.

**Habilidad:** Esta palabra se usa en el sentido de aptitud, basada en el desempeño probado, para lograr resultados que se puedan medir.

**Habilidad medida:** Esto se refiere al hecho de que la habilidad del proceso se cuantifica a partir de datos que, a su vez, son el resultado de la medición del trabajo realizado por el proceso.

**Habilidad inherente:** Esto se refiere a la uniformidad del producto que resulta de un proceso que se encuentra en estado de control estadístico, es decir, en ausencia de “fuerzas

externas” u otras causas atribuibles de variación. Un sinónimo es “reproducibilidad instantánea”.

**Producto:** La medición se hace sobre el producto porque el resultado final es la variación del producto.

### Empleo de los estudios de la capacidad del proceso.

La información sobre la habilidad del proceso sirve para muchos propósitos:

1. Predecir el grado de variabilidad que exhibirán los procesos. Esta información de habilidad, cuando se proporciona a los diseñadores, ofrece información importante para establecer límites de especificación realistas:
2. Seleccionar, entre procesos que compiten, el proceso más adecuado para que las tolerancias se cumplan.
3. Planear la interrelación de procesos secuenciales. Por ejemplo, un proceso puede distorsionar la precisión lograda por el proceso que le antecede, como en el endurecimiento de los dientes de un engrane. La cuantificación de las habilidades respectivas del proceso con frecuencia señala el camino para encontrar una solución.
4. Proporcionar una base cuantitativa para establecer un programa de verificaciones de control periódico del proceso y reajustes.
5. Asignar las máquinas a los tipos de trabajos para los cuales son más adecuados.
6. Probar las teorías de las causas de defectos durante los programas de mejoramiento de la calidad.
7. Servir como base para la especificación de los requerimientos de calidad para las máquinas compradas.

Estos propósitos son responsables del creciente uso del concepto de habilidad de un proceso.

La fórmula para la habilidad del proceso que más se usa es

$$\text{Habilidad del proceso} = \pm 3 \sigma$$

Donde:  $\sigma$  = Es la desviación estándar del proceso cuando se encuentra en estado de control estadístico, es decir, sin la influencia de fuerzas externas o cambios repentinos.

Si el proceso está centrado con la especificación nominal sigue una distribución de probabilidad normal, 99.73% de la producción caerá a menos de  $3\sigma$  de la especificación nominal.

Algunos procesos industriales operan en un estado de control estadístico. Para tales procesos, la habilidad del proceso calculada de  $6\sigma$  se puede comparar directamente con las tolerancias de especificación, y se pueden hacer juicios sobre su adecuación. No obstante la mayor parte de los procesos industriales exhiben tanto influencias externas como cambios repentinos. Estas separaciones del ideal de hecho ocurren, y el encargado de la seguridad de la calidad tiene que manejarlas.

Una razón importante para cuantificar la habilidad del proceso es poder calcular la habilidad del proceso de mantener las tolerancias del producto. Para procesos que se encuentran en un estado de control estadístico, una comparación de la variación entre  $6\sigma$  y los límites de tolerancia permite un cálculo rápido del porcentaje de unidades defectuosas, mediante la teoría estadística.

Quienes planean intentan seleccionar procesos que tengan las  $6\sigma$  de la habilidad del proceso dentro de la amplitud de tolerancia. Una medida de esta relación es la tasa de habilidad:

$$C_p = \text{Tasa de habilidad} = \frac{\text{Rango de especificación}}{\text{Habilidad del proceso}} = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

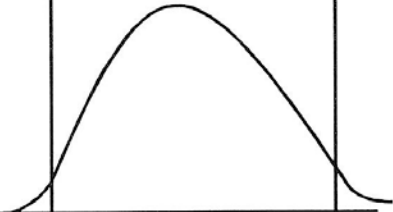



Donde: LES = Límite de especificación superior;

LEI = Límite de especificación inferior

Podemos observar que se usan  $6s$  como una estimación de  $6\sigma$ .

Algunas compañías definen la razón como recíproca. Algunas industrias hoy en día expresan la tasa de defectos en términos de partes por millón. Una tasa de defectos de una parte por millón requiere una razón de habilidad (especificación del rango sobre la habilidad del proceso) de alrededor de 1.63.

La siguiente figura presenta cuatro de las muchas relaciones posibles entre la variabilidad del proceso y los límites de especificación, y los cursos de acción más probables para cada uno. Se observa, que en todos los casos, el promedio del proceso se encuentra en el punto medio entre los límites de especificación.

Proceso		$C_p$	Cantidad total fuera de límites	Acciones comunes a tomar
		< 1.0	$\geq 5.0 \%$	Control de proceso pesado, clasificación, retrabajo, etc.
		1.0	0.3%	Control de proceso pesado, inspección.
		1.33	64 ppm	Inspección reducida, uso selecto de gráficas de control
		1.63	1 ppm	Verificación en ciertos puntos, uso selecto de gráficas de control
LEI	LES			

La siguiente tabla contiene las razones de habilidad seleccionadas y el nivel correspondiente de los defectos, suponiendo que el promedio del proceso se encuentra a la mitad entre los límites de especificación. Un proceso que cumple bien con los límites de especificación (rango de especificación  $=\pm 3\sigma$ ) tiene una  $C_p$  de 1.0. Lo crítico de muchas aplicaciones y la realidad de que el promedio del proceso no permanecerá en el punto medio del rango de especificación sugiere que  $C_p$  debe ser al menos de 1.33.

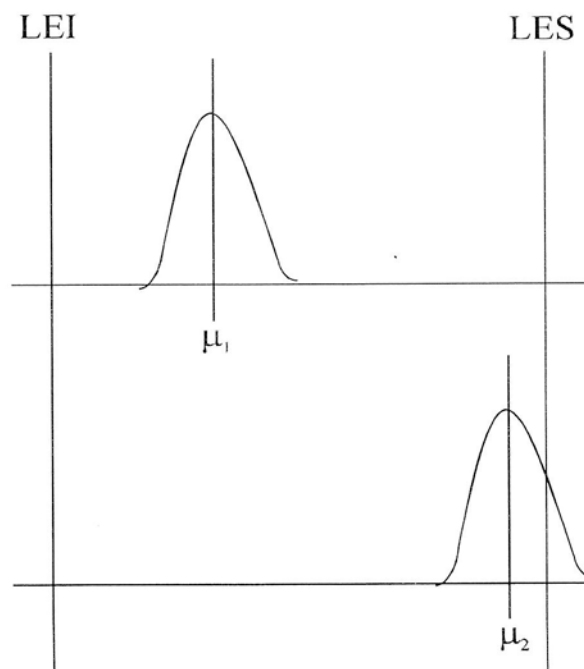
ÍNDICE DE HABILIDAD DEL PROCESO ( $C_p$ ) Y LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN EXTERIORES PARA EL PRODUCTO

Índice de habilidad del proceso ( $C_p$ )	Producto total fuera de los límites de especificación en los dos lados*
0.5	13.36%
0.67	4.55%
1.00	0.3%
1.33	64 ppm
1.63	1 ppm
2.00	0

\* Suponiendo que el proceso se encuentra a la mitad entre los límites de especificación.

Índice de habilidad  $C_{pk}$

La habilidad del proceso, según se mide con  $C_p$ , se refiere a la variación en un proceso alrededor del valor promedio. Esto se puede apreciar en la siguiente figura. Los dos procesos tienen habilidades ( $C_p$ ) iguales porque  $6\sigma$  es la misma para cada distribución, como lo indican las amplitudes de las curvas de distribución. El proceso que tiene como meta  $\mu_2$  está produciendo unidades defectuosas porque la meta está fuera de control, no debido a la variación inherente alrededor de la meta (es decir, la habilidad).





Así, el índice  $C_p$  mide la habilidad potencial, suponiendo que el promedio del proceso es igual al punto medio de los límites de especificación y que el proceso está operando bajo control estadístico; como con frecuencia el promedio no se encuentra en el punto medio es útil tener un índice de habilidad que refleje ambas variaciones y la localización del promedio del proceso. Tal índice es  $C_{pk}$ .

El índice  $C_{pk}$  refleja la proximidad de la media actual del proceso al límite de especificación superior (LES) o bien, al límite de especificación inferior (LEI).  $C_{pk}$  se estima mediante:

$$C_{pk} = \min \left[ \frac{\bar{X} - LEI}{3s}, \frac{LES - \bar{X}}{3s} \right]$$

Entre más alto sea el valor de  $C_{pk}$ , más baja será la cantidad de producto que esté fuera de los límites de especificación. Al certificar a los proveedores, algunas organizaciones utilizan  $C_{pk}$  como un elemento del criterio de certificación. En estas aplicaciones, el valor de  $C_{pk}$  deseado para los proveedores puede ser una función del tipo de bien que se está comprando.

Los siguientes son dos tipos de estudios de habilidad del proceso:

- 1.- *Estudio del potencial del proceso.* En este estudio se obtiene una estimación de lo que puede hacer el proceso bajo ciertas condiciones, es decir, la variabilidad en condiciones definidas a corto plazo para un proceso en estado de control estadístico. El índice  $C_p$  estima la habilidad del proceso.
- 2.- *Estudio del desempeño del proceso.* En este estudio, una estimación de la habilidad del proceso proporciona un panorama de lo que el proceso está haciendo durante un periodo largo. También se supone un estado de control estadístico. El índice  $C_{pk}$  estima la habilidad.

Posteriormente en la unidad 2 en el punto 2.3 Capacidad del proceso  $C_p$ ,  $C_{pk}$ ,  $C_{pm}$ , se tratará el tema junto con ejemplos ilustrativos para el cálculo de dichos índices.