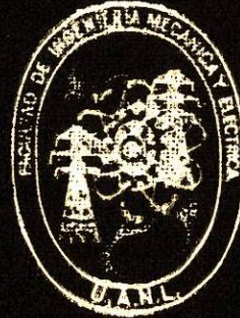
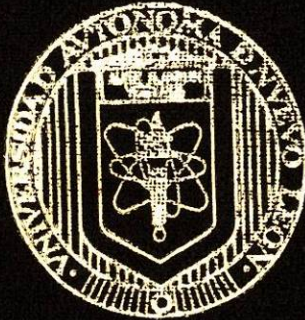


**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**  
**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**  
**Y ELECTRICA**



**LAS 7 HERRAMIENTAS BASICAS**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**  
**INGENIERO ADMINISTRADOR DE SISTEMAS**

**PRESENTA**

**MEDARDO II SALINAS GARZA**

**ASESOR**

**ING. ROBERTO ELIZONDO VILLARREAL**

**CD. UNIVERSITARIA**

**JUNIO DE 1996**



T

TS156

.8

SQ

C.1



1080064433

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
Y ELECTRICA



LAS 7 HERRAMIENTAS BASICAS

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO ADMINISTRADOR DE SISTEMAS

PRESENTA

MEDARDO II SALINAS GARZA

ASESOR

ING. ROBERTO ELIZONDO VILLARREAL

CD. UNIVERSITARIA

JUNIO DE 1996





Biblioteca Central  
Magna Solidaridad

*Handwritten signature*



UANV  
FONDO  
TEBIB LICENCIATURA



A MIS PADRES:

SR. JOSE GPE. SALINAS ARREDONDO

SRA.PETRA GARZA CHAPA





A MIS HERMANAS:

PETRICIA OFELIA SALINAS GARZA  
ANAZEL JOSSET SALINAS GARZA

POR DARME LA CONFIANZA EN  
SEGUIR ADELANTE



A MI ASESOR:

Ing.ROBERTO ELIZONDO VILLAREAL



## **CONTENIDO GENERAL**

---

<b>1.- HOJA DE VERIFICACIÓN.</b>	<b>3</b>
<b>1.1- Registro de datos.</b>	<b>6</b>
<b>1.2- Localización.</b>	<b>8</b>
<b>1.3- Lista de verificación.</b>	<b>9</b>
<b>2.- DIAGRAMA DE PARETO.</b>	<b>10</b>
<b>2.1- Diagrama de apareto de costos.</b>	<b>14</b>
<b>3.-DIAGRAMA DE CAUSA - EFECTO.</b>	<b>15</b>
<b>3.1- Análisis de variabilidad.</b>	<b>17</b>
<b>3.2- Análisis del proceso por etapas.</b>	<b>19</b>
<b>3.3- Diagrama para el proceso.</b>	<b>19</b>
<b>4.- ESTRATIFICACIÓN.</b>	<b>21</b>
<b>4.1- Estratificación por lotes.</b>	<b>23</b>
<b>4.1- A - Análisis período a período.</b>	<b>24</b>
<b>4.1- B - Análisis de un departamento y departamento             por departamento</b>	<b>25</b>
<b>5.- DIAGRAMA DE DISPERSIÓN.</b>	<b>26</b>
<b>6.- HISTOGRAMA.</b>	<b>31</b>
<b>7.-GRÁFICA DE CONTROL.</b>	<b>37</b>

## INTRODUCCIÓN

Las siete herramientas básicas, a pesar de su antigüedad, siguen siendo el conjunto de técnicas estadísticas de mayor uso en las estrategias de TQB ( Total Quality Control : Control Total de Calidad).

Las 7 herramientas básicas tienen como propósitos los siguientes:

- Organizar datos numéricos.
- Facilitar la planeación a través de herramientas efectivas.
- Mejorar el proceso de toma de decisiones.

Las 7 herramientas básicas son las siguientes:

- 1.- Hoja de verificación.
  - 2.- Diagrama de Pareto.
  - 3.- Diagrama de causa-efecto.
  - 4.- Estratificación.
  - 5.- Diagrama de dispersión.
  - 6.- Histograma.
  - 7.- Gráfica de control.
- (2)



## OBJETIVO

El Objetivo es familiarizarlo con el uso de las 7 herramientas básicas para el CONTROL TOTAL DE CALIDAD y lograr que se aplique en problemas prácticos en su empresa.

a) Recolectar y estratificar datos, emplear hojas de verificación y graficar resultados.

b) Identificar los problemas vitales mediante el uso del diagrama de apareto.

c) Organizar las posibles causas de un problema e identificar la causa principal a través de un diagrama de Causa-Efecto.

d) Organizar los datos en distribuciones de frecuencia y graficarlos en forma de Histograma.

e) Hacer seguimiento a través de gráficas de control para lograr que haya la menor variación posible en los resultados de un proceso.

f) Analizar la relación que puede existir entre dos variables, a través de diagrama dispersión.(2)

## ***1.- HOJA DE VERIFICACIÓN***

Existe una cantidad ilimitada de tipos de datos que pueden ser tomados en cuenta en una compañía, provenientes de cada uno de los elementos del producto. Por ejemplo: calidad en el producto/servicio, costos, entrega, seguridad, etc. Virtualmente, cualquier aspecto de una organización puede ofrecer datos que sirvan para mejorar un proceso. Un primer paso importante para lograr el mejoramiento de un proceso lo constituye entonces la determinación y recolección de datos que se requieren para asegurar la satisfacción de las necesidades del cliente.

La Hoja de Verificación es la herramienta que se utiliza para recolectar e un formato lógico (muestreo racional), y sirve de hecho como una herramienta de transición entre recolección de datos y el uso de técnicas más elaboradas. Los datos recolectados pueden usarse para construir una Gráfica de Control, un Histograma, un Diagrama de Pareto, etc. La Hoja de Verificación tiene varios propósitos, siendo el más importante el capacitar al usuario para tener datos reunidos y organizados en un formato tal que permita un análisis eficiente y fácil.

***Definición:*** La Hoja de Verificación es la herramienta utilizada para el registro y organización de información y /o datos.(1)



## *¿Para que sirve la Hoja de Verificación?*

- ⇒ Proporciona un medio para registrar de manera eficiente los datos que servirán de base para subsecuentes análisis.
- ⇒ Proporciona registros históricos, que ayudan a percibir los cambios en el tiempo.
- ⇒ Facilita el inicio del pensamiento estadístico.
- ⇒ Ayuda a traducir las opiniones en hechos y datos.
- ⇒ Se puede usar para confirmar las normas establecidas.(1)

## Tipos de Hojas de Verificación

El diseño de la Hoja de Verificación debe facilitar el logro de los objetivos planteados en la introducción. Al diseñar una Hoja, es importante que el usuario determine lo que quiere obtener de los datos y el uso de esta información, ya que facilitará el diseño adecuado de la Hoja para obtener el beneficio óptimo de los datos.

Discutiremos tres tipos de Hojas:

1. Registro de datos.
2. Localización.
3. Lista de verificación.

Pasos que pueden seguirse al elaborar una Hoja de Verificación:

Paso 1: Defina claramente el propósito de la recolección de los datos.

Paso 2: Decida cómo recolectar los datos.

Paso 3: Estime el total de datos que serán recolectados.

Paso 4: Decida el formato de la Hoja

Paso 5: Escriba los datos en la Hoja.

Paso 6: Uso: ¿ Satisface los objetivos ? ¿ Es fácil de usar ?(1)

## 1.1 Hoja de Verificación para registro de datos

### Datos por variables

La recolección de datos implica en ocasiones reunir datos acerca de variables, en cualquiera de los elementos de la Calidad en Todo. Estos datos son mejor representados al organizar las mediciones en una Hoja de Verificación para Variables.

#### Ejemplo 1

El tiempo que transcurre desde que un cliente entra al restaurante hasta que se le pide la orden se considera un parámetro importante en la satisfacción del mismo. La Hoja mostrada a continuación registra la distribución de frecuencias de 50 clientes. Estos no se manejan de uno por uno sino según clases o intervalos definidos.

**Notación:**  $f$  denota el número de casos en cada clase, y el conteo se realiza por medio de “tallos y ramas”

Tiempo (minutos)	Conteo	$f$
0-2.0	8	8
2.0-4.0	13	13
4.0-6.0	15	15
6.0-8.0	9	9
8.0-10.0	5	5
Total		50

Estos datos se pueden presentar después en la forma de una distribución de frecuencias, y ser graficados como un Histograma.(1)

## Datos por atributos

La recolección de datos también puede presentarse para atributos. Por ejemplo, puesto que hay muchas causas posibles para cualquier defecto, la manera lógica de recolectar los datos es determinar el número de productos/servicios disconformes según una lista de causas, o por el porcentaje de defectos generados por cada causa. Con esta información, se puede llevar a cabo acciones para la mejora.

### Ejemplo 2

La Hoja que aparece abajo fue creada para registrar el tipo de defecto que puede ocurrir en un estado de cuenta de crédito; el registro se lleva a cabo cada mes.

<u>Estados de cuenta JCP</u>					
Período: <u>Ene-Abr. 1991</u>					
Lugar: <u>Zona Noreste</u>					
	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Error					
Cargo diferido	3	4	1	3	11
Cargo erróneo	2	3	5	2	12
Dirección equivocada	0	2	3	5	10
Nombre/dirección mal tecleados	1	0	4	0	5
Total	6	9	13	10	

(1)




## 1.2 Hoja de Verificación de Localización

Otro modo de recolectar información es usar la Hoja de Verificación de Localización. Esta es un diagrama o mapa de un producto o una porción de éste, o una área bajo observación, en el cual se indica la naturaleza y localización específica de defectos, daños, accidentes, etc.

### Ejemplo 4

La figura muestra la Hoja de Localización que puede ser utilizada para recolectar datos acerca de los defectos encontrados en la parte frontal de la puerta de un horno de microondas. El responsable marca el lugar donde se percibe el defecto; por ejemplo, en la figura se ha utilizado la letra X.

HOJA DE LOCALIZACION	
	
Fecha:	Responsable:
<u>09/IV/95</u>	<u>Gloria de la Garza</u>
Comentarios: 1.- Censor no funciona 2.- Manija floja	

(1)

## 1.3 Lista de Verificación

Se utiliza para evitar la omisión de pasos en procedimientos largos o complicados, o ver si está completa una lista de materiales o artículos, etc. La lista de Verificación consiste en una lista de elementos dispuestos en un orden predeterminado: secuencia de inspección, pasos secuenciales de un proceso, lista de materiales, etc.

### Ejemplo 5:

La siguiente Lista de Verificación está diseñada para asegurar que se sigue toda la ruta en el reparto a domicilio de mercancía de una mueblería. La columna de Verificación tiene que llenarse una vez que se ha visitado este lugar.

<b>Responsable:</b> <u>Carlos Robledo</u>	<b>Camión:</b> <u>TQ-003</u>	<b>Fecha:</b> <u>19/abril/1995</u>
<b>Lugar a repartir:</b>	<b>Verificación</b>	<b>Comentarios</b>
Col. Primavera	Bien	
Col. Independencia	Bien	
Col. Altavista	Bien	

### Lectura y uso de la Hoja de Verificación

La lectura y uso deben basarse en los siguientes puntos:

- Visualice toda la Hoja.
- Enlace la Hoja con las otras Herramientas Básicas.
- Las Hojas deben cumplir con el objetivo que se definió para su uso.
- Haga la Hoja tan simple como sea posible, y documéntela.
- Realice las acciones correctivas tan pronto como sea posible.(1)

---

## **2.- DIAGRAMA DE PARETO**

**Definición:** Es una gráfica que representa en forma ordenada el grado de importancia que tienen los diferentes factores en un determinado problema, tomando en consideración la frecuencia con que ocurre cada uno de dichos factores.

Su nombre se debe a Wilfredo Pareto, un economista italiano que centraba su atención en el concepto de los “pocos vitales” contra los “muchos triviales”. Los primeros se refieren a aquellos pocos factores que representan la parte más grande o el porcentaje más alto de un total, mientras que los segundos son aquellos numerosos factores que representan la pequeña parte restante.

Esta herramienta fue popularizada por Joseph Juran y Alan Lakelin; este último formuló la regla 80-20 basado en los estudios y principios de Pareto:

- a) El 80% de las entradas por ventas de una compañía se deben al 20% de sus clientes.
- b) El 80% del valor de un inventario de artículos se debe al 20% de estos artículos.
- c) El 80% del total de defectos encontrados en un producto se debe al 20% de los tipos de defectos identificados.(1)

## ¿ Para qué sirve el diagrama de Pareto ?

El objetivo de Diagrama de Pareto es el identificar los “pocos vitales” o ese 20% de tal manera que la acción correctiva que se tome, se aplique donde nos produzca un mayor beneficio. El Diagrama de Pareto, al catalogar los factores por orden de importancia, facilita una correcta toma de decisiones. A continuación se muestra el esquema general de Diagrama de Pareto.

### Beneficios

- ⇒ Canaliza los esfuerzos hacia los “pocos vitales”.
- ⇒ Ayuda a priorizar y señalar la importancia de cada una de las áreas de oportunidad.
- ⇒ Es el primer paso para la realización de mejoras.
- ⇒ Se aplica en todas las situaciones en donde se pretende efectuar una mejora, en cualquiera de los componentes de la calidad en todo: la calidad del protocolo/servicio, costos, entrega, seguridad, y moral.
- ⇒ Permite la comparación antes/después, ayudando a cuantificar el impacto de las acciones tomadas para lograr mejoras.
- ⇒ Promueve el trabajo en equipo ya que se requiere la participación de todos los individuos relacionados con el área para analizar el problema, obtener información y llevar a cabo acciones para su solución.
- ⇒ El Diagrama de Pareto se utiliza también para expresar los costos que significan cada tipo de defecto y los ahorros logrados mediante el efecto correctivo llevado a cabo a través de determinadas acciones.(1)



## ¿Como se hace el diagrama de pareto?

El Diagrama de Pareto se asemeja, en gran medida, a un diagrama de barras y su construcción comprende los siguientes pasos:

- Paso 1:** Identifique el problema o área de mejora en la que se va a trabajar, en base a los componentes de la calidad en todo.
- Paso 2:** Elabore una lista de los factores incidentes en el problema, considerando, por ejemplo, características fuera de especificación, tipos de defectos, tiempos de entrega, etc.
- Paso 3:** Establezca el período de tiempo dentro del cual se recolectarán los datos. El período de tiempo a ser estudiado dependerá de la situación que se esté analizando.
- Paso 4:** Construya una Hoja de Verificación para la frecuencia con que ocurre cada factor o tipo de defecto dentro del período fijado, especificando el número total de casos verificados.
- Paso 5:** Con base en los datos de la Hoja de Verificación, ordene los distintos factores conforme a su frecuencia, comenzando con la que se da un número mayor de veces. Registre, además, el número de casos de cada factor,  $n_i$  ( $i=1,2,\dots,m$ ), siendo  $m$  el número total de factores distintos en la lista tal que:  $n_1 + n_2 + \dots + n_m = d$  donde  $d$  es el número total de veces que se presentó el problema.
- Paso 6:** En caso de conocer el número total de observaciones ( $N=d+d$ ), se puede calcular el porcentaje absoluto de casos con respecto a ese total para cada factor identificado:

$$a_i \% = (n_i / N) * 100$$

Para cada  $a_i$  representa el porcentaje de mejora que se obtendría al eliminar el factor y correspondiente.

- Paso 7:** Obtenga el porcentaje relativo de casos atribuibles a cada factor, con respecto a  $d$ :

$$r_i \% = (n_i / d) * 100$$

donde  $y = 1,2,\dots, m$ , tal que  $r_1+r_2+\dots+r_m=100\%$ .

- Paso 8:** Calcule el porcentaje relativo acumulado ( $R_i\%$ ), sumando en forma consecutiva los porcentajes de cada factor. Con esta información se señala el porcentaje de veces que se presenta el problema y que se eliminaría si se emprendiesen acciones efectivas que supriman los factores principales de los productos defectuosos.(1)

**Paso 9:** Presente la información obtenida hasta este paso en una tabla como la que se muestra a continuación:

Factores del problema	Frecuencia de ocurrencia $n_i$	% absoluto $a_i \% = n_i * 100 / N$	% relativo $r_i \% = n_i * 100 / d$	% relativo acumulado $R_j = \sum_{i=1}^j r_i$
1				
2				
.				
m				$R_m = 100\%$
	$\sum n_i = d$		$\sum r_i \% = 100\%$	

**Paso 10:** Construya el Diagrama de Pareto.

**10.1** En el eje horizontal se anotan los factores de izquierda a derecha, en orden decreciente en cuanto a su frecuencia. El eje vertical izquierdo es gradúa en tal forma que sirva para mostrar el número de casos que se da razón de cada uno de los factores. El eje vertical izquierdo se gradúa en tal forma que sirva para mostrar el número de casos que se da razón de cada uno de los factores. El eje vertical derecho mostrará el porcentaje relativo acumulado.

**10.2** Trace las barras correspondientes a los distintos factores. La altura de las barras representa el número de veces que ocurrió el factor, y se dibujan con la misma amplitud, unas tras otras.

**10.3** Coloque los puntos que representan el porcentaje relativo acumulado, teniendo en cuenta la graduación de la barra vertical derecha; los puntos se colocan en la posición que corresponde al extremo derecho de cada barra, y se traza una curva que una dichos puntos. En esta forma queda graficada la curva del porcentaje relativo.

**10.4** El Diagrama de Pareto debe acompañarse de la debida documentación, mencionando el problema, fechas, responsables, lugares, etc.(1)

## 2.1 Diagrama de Pareto de costos

Algunas veces, los diagramas de Pareto pueden tener mayor impacto cuando los problemas analizados son expresados en función de sus costos. Por ejemplo, es posible calcular el costo para un tipo de defecto en particular mediante la evaluación del costo unitario incurrido cada vez que tal defecto ocurre. Tales costos deben considerar aspectos tales como la reparación de las piezas, el cumplir con la garantía, el desechar las piezas defectuosas cuando no es posible la reparación, etc.

El procedimiento empleado para la construcción de este tipo de diagrama es prácticamente igual al descrito en el punto anterior, pero ahora el eje vertical izquierdo del diagrama será graduado en función de los costos incurridos por cada tipo de factor.

Cuando el costo de cada factor está considerando, ocurre un reordenamiento de las categorías de los factores debido al alto costo de algunos tipos de factores. Un tipo de factor que se presenta con mayor frecuencia puede tener asociado un menor costo en comparación con aquel que no se repite tan frecuentemente, pero en costo es muy alto, este último quedará colocado ahora como la primera categoría.

Es conveniente construir un Diagrama de Pareto de costos además del diagrama para el número de casos, con el propósito de obtener mayor información y como consecuencia tomar mejores decisiones.(1)

### 3.- Diagrama Causa-Efecto

El Diagrama Causa - Efecto es una técnica de análisis en la resolución de problemas, desarrollada formalmente por el Profesor Kaoru Ishikawa, de la Universidad de Tokio, en 1943. quien la utilizó con un grupo de ingenieros en una planta de la Kawasaki Steel Works, para explicar cómo diversos factores que afectan un proceso pueden ser clasificados y relacionados de cierta manera.

**Definición:** Ofrecida por JIS ( Japan Industrial Standards ) en términos de TQC es la siguiente:

Diagrama que muestra la relación sistemática entre un resultado fijo y sus causas. El 'resultado fijo' de la definición de la definición es comúnmente denominado el "efecto", el cual representa un área de mejora: un problema a resolver, un proceso o una característica de calidad. Una vez que el problema/efecto es definido, se identifican los factores que contribuyen a él (causas).

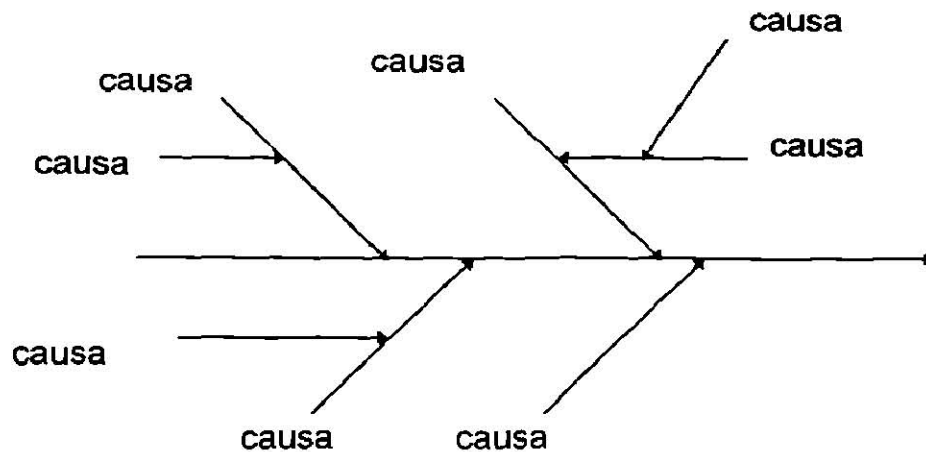
Causas       $\longrightarrow$       Efecto

#### Ejemplo 1:

- A) Un llenado incorrecto de formas de un pedido de mercancía ( CAUSA ) puede provocar que no llegue la mercancía al cliente ( EFECTO )
- B) Las diferencias en el tiempo que tarda el procesar una solicitud de crédito ( EFECTO ) se pueden deber a diferencias en el procedimiento seguido para ello ( CAUSAS ).
- C) La falta de entrenamiento de los empleados ( CAUSA ) puede propiciar el aumento en el número de quejas recibidas ( EFECTO ).(1)



Mientras que puede haber solamente una o varias causas del problema, existen probablemente muchas causas potenciales ( subcausas ) que podrían aparecer en el Diagrama Causa - Efecto dada la relación existente entre las causas/subcausas y efecto, asume la forma de un esqueleto de pescado, razón por la cual el diagrama toma este otro nombre. La estructura general del diagrama se muestra en la siguiente figura:



## Lluvia de ideas

Es importante que el Diagrama Causa - Efecto represente las perspectivas de varias personas diferentes implicados en el problema/área de oportunidad más que la visión de uno o dos individuos. Una técnica adecuada para este fin es la "lluvia de ideas" efectuada por el grupo de trabajo.

Las siguientes son algunos de los puntos que deben cuidarse al organizar una sesión de "lluvia de ideas":

### Sugerencias

- Debe alentarse la participación de todos y cada uno de los participantes.
- No se hará ninguna crítica a alguna sugerencia. Abstenerse de juzgar entre lo bueno y lo malo.
- Las sugerencias no deben limitarse al área personal de trabajo.
- Puede ser útil un período de observación entre el tiempo que el diagrama es propuesto al tiempo que es a terminado.
- Los participantes deben concentrarse en el análisis de un problema, y no en entretenerse en justificar la aparición del problema.(1)

## Tipos de diagramas de Causa -Efecto

Existen tres tipos básicos del Diagrama Causa - Efecto: análisis de variabilidad, análisis del proceso por etapas, y diagrama para el proceso.

### 3.1 - Análisis de variabilidad

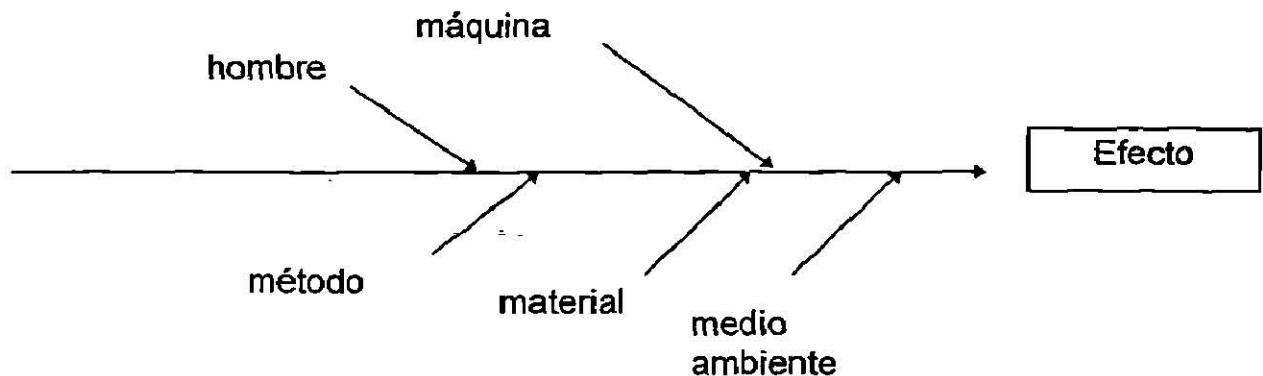
El Diagrama Causa - Efecto básico es el utilizado para analizar la variabilidad o dispersión de una característica de calidad. Los siguientes pasos son recomendados para construir este diagrama:

#### Paso 1:

**Defina el 'efecto'.** El efecto debe ser definido de un modo claro. Escriba el enunciado del efecto en una hoja grande de papel ( en la parte central de ésta y hacia el lado derecho ). Encierre el enunciado en un cuadro y dibuje una flecha con su punta conectada con el cuadro.

#### Paso 2:

**Identifique las causas mayores y subcausas.** El equipo de trabajo sesionará, mediante una "lluvia de ideas", para reconocer las causas principales y subcausas que contribuyen al efecto, y éstas deben registrarse en el diagrama ( las causas y subcausas constituyen sus ramas o espinas ); las ramas principales corresponden al concepto 4M/1H ( Método, Máquina, Medio Ambiente y Hombre ).



(1)

**Paso 3:**

**Verifique las causas probables.** Las causas más probables deben ser analizadas, recolectando datos para ver si el impacto sobre el problema es significativo.

**Paso 4:**

**Dejar pasar un tiempo para ponderar las causas antes de evaluarlas.** Algunas de las cuestiones a considerar en este momento son las siguientes:

¿Es esta causa una variable o un atributo?

¿Ha sido la causa definida operacionalmente?

¿Existe una gráfica de control o un registro para esta causa?

¿Interactúa esta causa con las otras?

**Paso 5:**

**Remarque las causas más probables.** De la lista de causas probables que afectan al proceso remarque aquellas que se considere tienen más impacto sobre el problema ( por ejemplo. enciérrelas en un círculo ).

**Paso 6:**

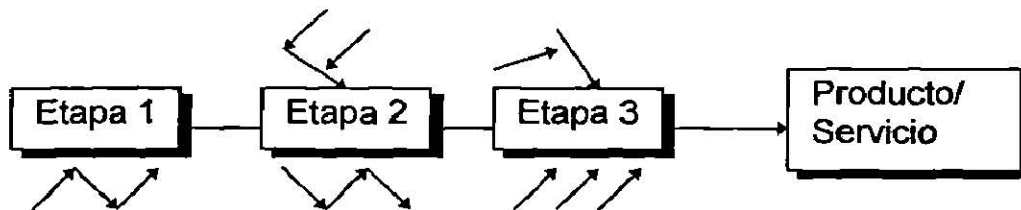
**Verifique las causas probables.** La causa más probable debe ser analizada, recolectando datos para ver si el impacto sobre el problema es significativo. En caso negativo, se hace lo mismo con las otras.

Nota.- Es importante que en el Diagrama Causa - Efecto sólo se anotan las causas y no las soluciones del problema/área de oportunidad.

Cada una de las causas potenciales que han sido identificadas pueden ser potencialmente examinadas de un modo más detallado preguntando para cada una de ellas lo siguiente: **quién, qué, dónde, cuándo, por qué.** La meta que se persigue es llegar al corazón mismo del problema.(1)

### 3.2- Análisis del proceso por etapas

Esta forma del Diagrama Causa - Efecto se usa cuando una serie de eventos ( pasos en un proceso ) crea un problema en un producto/servicio y no está claro cuál evento o paso es la causa mayor del problema. Cada categoría o sub-proceso es examinada para ver si hay causas probables; después de que las causas de cada etapa son descubiertas, se seleccionan y verifican las causas significativas del problema.



En cada etapa la pregunta a efectuar sería: ¿ qué problemas de calidad podrían ocurrir en esta fase del proceso ?

El diagrama de Causa - Efecto elaborado por fases del proceso facilita la comunicación entre las operaciones y puede ser usado para prevenir problemas en el proceso.

### 3.3- Diagrama para el proceso

Esto resulta de la combinación del Diagrama Causa - Efecto con un modelo ( a escala o un dibujo o fotografía ) del proceso ( o máquina, pieza, etc.), señalando las diversas causas que impacten en cada parte del mismo.(1)

## ¿ Para qué sirve un Diagrama de Causa - Efecto ?

- ⇒ El elaborar un Diagrama Causa - Efecto es una labor educativa en sí misma, en la cual el intercambio de técnicas y experiencias entre los miembros del grupo de trabajo, cada uno de los cuales ganará nuevo conocimiento ya sea al realizar el diagrama o al estudiar uno terminado.
- ⇒ El diagrama puede ser utilizado para el análisis de cualquier problema, ya que sirve tanto para identificar los diversos factores que afectan un resultado, como para clasificarlos y relacionarlos entre sí.
- ⇒ El análisis que supone la elaboración del diagrama ayuda también a determinar el tipo de datos a obtener con el fin de confirmar si los factores seleccionados fueron realmente las causas del problema.
- ⇒ El diagrama se puede emplear, por otra parte, para prevenir problemas, pues proporciona una visión de conjunto, bien sea de los factores de una determinada característica de calidad, o bien, de las fases que integran el proceso. Cuando se detectan causas potenciales de un problema, éstas pueden prevenirse si se adoptan controles apropiados.
- ⇒ Finalmente, el Diagrama Causa - Efecto muestra la habilidad profesional que posee el personal encargado del proceso; entre más alto sea el nivel, mejor será el diagrama resultante.(1)



---

## **4.-ESTRATIFICACIÓN**

### **¿QUE ES LA ESTRATIFICACIÓN?**

**Definición:** La estratificación es una herramienta estadística que consiste en una clasificación de los elementos de una población que tienen afinidad para analizarlos y así determinar más fácilmente las causas del comportamiento de alguna característica.

A cada una de las partes de esta clasificación se le llama **estrato**, y el análisis de los datos puede ampliarse, posteriormente, por medio del Diagrama de Pareto o el Diagrama de Causa - Efecto.

Siendo que los valores observados de alguna característica de la Calidad en Todo están siempre acompañados por alguna variabilidad, las causas de ésta son más fácilmente detectadas cuando los datos son estratificados de acuerdo a los factores que se piensan causan esa variación.(1)

## ¿ Para que sirve la estratificación ?

- ⇒ Sirve para identificar la causa que contribuye con la mayor parte de la variabilidad en el efecto.
- ⇒ Permite obtener una comprensión detallada de la estructura de una población de datos. Tal conocimiento permitirá identificar las causas del problema, y llevar a cabo las acciones correctivas convenientes.
- ⇒ Permite examinar la diferencia en los valores promedios y la variación entre los diferentes estratos, y tomar medidas contra la diferencia, si existe alguna. Si es imposible tomar medidas al instante, es necesario llevar control del proceso usando gráficas de control estratificadas.

### Usos de la estratificación

La estratificación es generalmente hecha acorde al concepto 4M/1H ( Hombre, Máquina, Método, Material y Medio Ambiente ), y los estratos a utilizar dependerán de la situación analizada.

**Hombre:** Capacitado/No capacitado, experiencia, edad, sexo, etc.

**Máquina / Equipo:** Modelo, Automática-Semiautomática, etc.

**Método:** Procedimiento 1, procedimiento 2,...

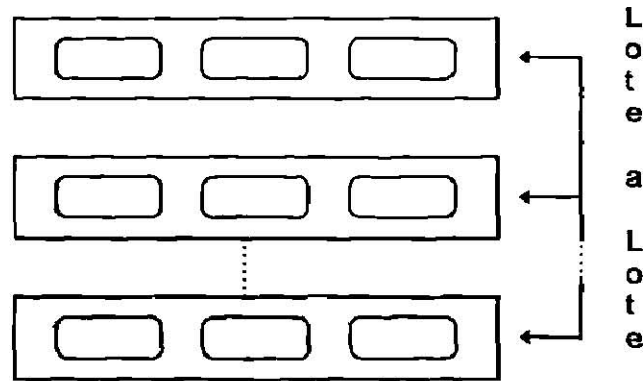
**Materia prima / producto:** Proveedores A, B, C... comparación de materiales, etc.

**Medio ambiente:** Condiciones ambientales, entorno económico, ecológico, etc.(1)

#### 4.1- Estratificación por lotes

Las colecciones de productos conocidas como “lotes” resultan comúnmente de numerosos arreglos de variables, como se muestra en la figura de abajo.

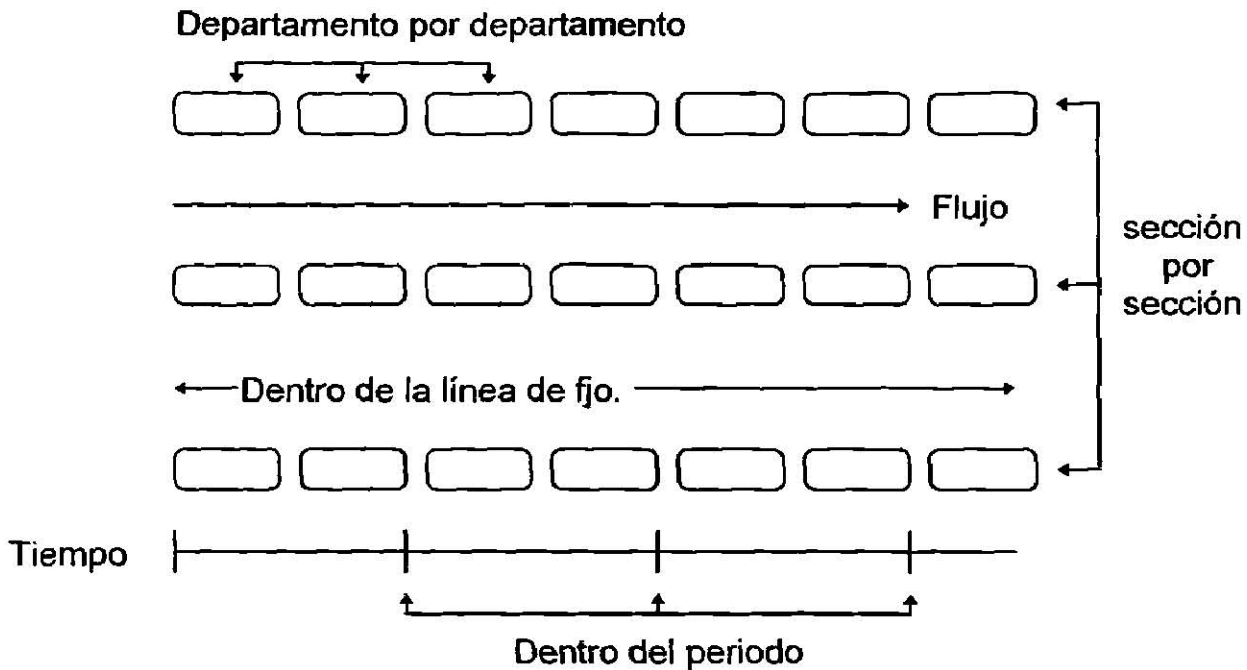
Dentro del lote



Anatomía de formación de lotes

En la mayoría de los casos, es posible y útil separar estas múltiples variables en sus componentes para poder cuantificar su importancia y descubrir cuál es dominante.

Frecuentemente los lotes son el resultado de la convergencia de varias líneas de flujo del proceso ( ver siguiente figura ). Estas líneas difieren una de otra debido a que están siendo procesadas por diferentes lotes de materia prima, por diferentes operarios.(1)



Cuando se estudia el proceso sección es posible segregarlo y evitar las mezclas creadas por el proceso normal.

Esta separación puede tomar varias formas; enseguida discutiremos algunas de ellas:

- a) Análisis periodo a periodo.
- b) Análisis dentro de un departamento, y departamento por departamento.

#### 4.1- A) Análisis periodo a periodo

Dentro de las mismas líneas de flujo del proceso, existe una variación cada determinado intervalo de tiempo; por ejemplo, ciclos estacionales, mensuales o semanales. las horas pico, el operador se va fatigando conforme avanza el día, etc. Estas variaciones frecuentemente pueden ser cuantificadas para determinadas la magnitud de su efecto, y se muestran, por ejemplo, en una gráfica X-R.(1)

#### 4.1- B) Análisis dentro de un departamento, y departamento por departamento

Los procesos también pueden mostrar variaciones departamento a departamento o aun dentro del mismo departamento, las cuales son independientes de las variaciones antes mencionadas. Para el estudio de estas situaciones especiales, se pueden utilizar una gráfica de control de lecturas individuales como se muestra en el siguiente diagrama.

Como se puede observar en la gráfica, esta ha sido estratificada en base a la semana de trabajo. En ella se puede apreciar la existencia de una gran variabilidad en los resultados. Las causas posibles de esta variación pueden ser: el mal ajuste del equipo, el material de los proveedores presenta variación de lote a lote, equipo que necesita reparación, instalaciones inadecuadas, fatiga de personal, improvisación del trabajo, mantenimiento inadecuado del equipo, error en la ejecución del trabajo, en suma, cualquier causa posible dentro del concepto 4M/1H.(1)

## 6.-DIAGRAMA DE DISPERSIÓN

### INTRODUCCIÓN

El diagrama de Causa - Efecto ayuda a identificar las posibles causas responsables de una característica de calidad. El ordenamiento de estas causas, realizado en el Diagrama de Pareto, facilita ver qué causas deben tratarse en forma prioritaria, a fin de reducir en gran medida el número de productos defectuosos. Con el propósito de controlar mejor el proceso, y por consiguiente, de mejorarlo, resulta a veces indispensable conocer la forma como se comportan algunas variables o características de calidad entre sí, esto es, descubrir si el comportamiento de unas depende del comportamiento de otras, o no, y en qué grado.

### ¿ Que es el Diagrama de dispersión ?

Los métodos gráficos tales como el Histograma o las Gráficas de Control tienen como base un conjunto de datos correspondientes a una sola variable ( la característica de calidad de interés), es decir, son datos univariados. El Diagrama de Dispersión es una herramienta utilizada con frecuencia cuando se desea realizar una análisis gráfico de datos bivariados, es decir, de los que se refieren a dos conjuntos de datos. El resultado del análisis puede mostrar que existe relación entre una variable y la otra, y el estudio puede ampliarse para incluir una medida cuantitativa de tal relación.

Los dos conjuntos pueden referirse a lo siguiente:

1. Una característica de calidad y un factor que incide sobre ella.
2. Dos características de calidad relacionadas, o bien
3. Dos factores relacionados con una sola característica.(1)

## ¿ Para que sirve el Diagrama de Dispersión ?

- Proporciona la posibilidad de reconocer relaciones Causa/Efecto.
- Hace fácil el reconocimiento de correlaciones.
- Ayuda a determinar relaciones dinámicas o estáticas ( de mediciones ).
- Indica si dos variables ( o factores o bien características de calidad ) están relacionados.(1)



## ¿ Como se hace el Diagrama de Dispersión ?

El proceso de elaboración del Diagrama de Dispersión contiene los siguientes pasos:

**Paso 1:**

Recolectar  $n$  parejas de datos de la forma  $(X_i, Y_i)$ , con  $i=1,2,\dots,n$ . donde  $X_i$  y  $Y_i$  representan los valores respectivos de las dos variables. Los datos se suelen presentar en una tabla:

X	Y
X1	Y1
X2	Y2
.	.
.	.
Xn	Yn

**Paso 2:**

Diseñar las escalas apropiadas para los dos ejes, X y Y.

**Paso 3:**

Graficar las parejas de datos. Si hay puntos repetidos, se mostrarán como círculos concéntricos.

**Paso 4:**

Documentar el Diagrama, incluyendo lo siguiente: fecha, nombre del departamento, personal involucrado, etc.(1)

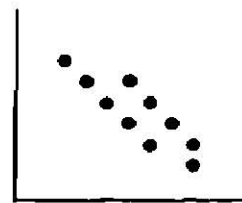
## Lectura y uso del Diagrama de Dispersión

La lectura del Diagrama de Dispersión se hace en base al tipo de relación entre los datos, lo fuerte o débil de la relación, la forma de la relación y la posible presencia de puntos anómalos.

La relación entre los datos se denomina “**correlación positiva**” cuando a un aumento de un valor de la variable X le acompaña un aumento en la otra variable; el caso inverso da lugar a la llamada “**correlación negativa**”.



Correlación positiva



Correlación negativa

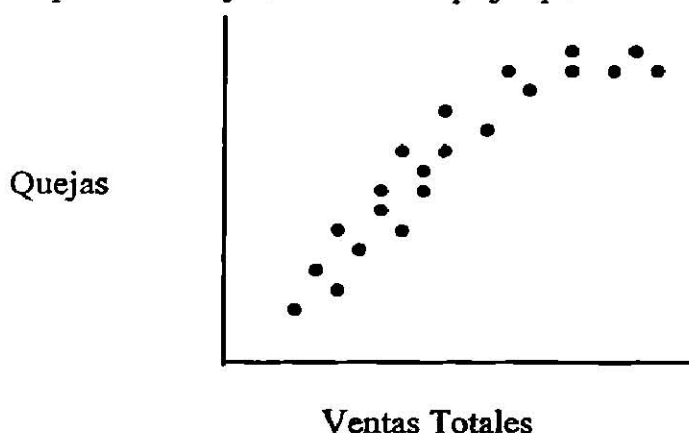
Otros patrones que se pueden encontrar al graficar los datos son los siguientes: el de la izquierda indica una **posible correlación positiva**, mientras que en la derecha no se percibe relación alguna entre los datos, es decir, **no hay correlación**.

El patrón de puntos puede asumir diversas formas, dependiendo de la relación que exista entre las variables; si el patrón de puntos asume la forma ( quizá aproximada ) de una línea recta, se dice que existe **correlación lineal**.

En algunas ocasiones, algunos datos dan lugar a **puntos anómalos**, que se presentan separados del patrón de puntos. El usuario debe dejar fuera del análisis esos puntos, que quizá son debidos a lecturas equivocadas o a algún cambio en las condiciones del proceso, etc., pero se ganará conocimiento de este último al estudiar las causas por las que se presentaron los puntos.(1)

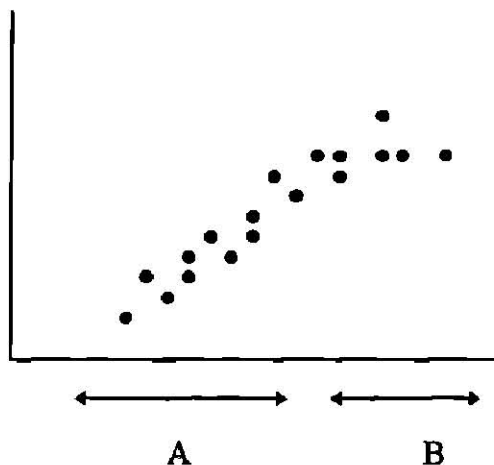
**Ejemplo 1:**

La gráfica siguiente es el Diagrama de Dispersión para datos relativos a las ventas totales de una compañía por semana y el número de quejas por tardanza en la entrega de la mercancía:



El diagrama muestra que al aumentar el volumen de ventas aumenta también el número de quejas por tardanza.

En ocasiones el diagrama resultante puede conducir a resultados contradictorios en cuanto al tipo de correlación de los datos. Esto puede verse cuando el diagrama adquiere la forma de la figura siguiente. Se obtiene una correlación positiva en el rango de valores indicado por A, y una correlación negativa en la región B.



Al juzgar la correlación de esta manera, es importante notar el rango de valores de los datos considerados, y leer cuidadosamente la gráfica.

Además, un Diagrama de Dispersión no dice nada de por qué existe la de regresión y correlación, que involucran, respectivamente, la determinación de un modelo matemático de la relación entre los dos conjuntos de datos y una medida cuantitativa de su grado de relación.(1)

## **6.- Histograma**

### **La recolección de datos**

Un buen estudio estadístico comienza con una recolección de datos hecha en forma correcta. Esto requiere tomar ciertas precauciones. A continuación enumeramos algunas de ellas:

- 1) Los valores que se registran deben corresponder realmente a lo que hemos observado. Es necesario registrar fielmente los datos.
- 2) Si los datos continuos, como por ejemplo tiempo o temperatura del lugar, etc., es muy importante efectuar la medición con la mayor precisión posible, esto es, con el menor error posible.
- 3) Se deben usar adecuadamente los instrumentos de medición y cuidar que estén correctamente.

Si hay errores en la obtención de datos, las conclusiones no serán objetivas, a pesar de tener muestras representativas y realizar un buen estudio estadístico.(1)

## La organización de datos en distribuciones de frecuencias

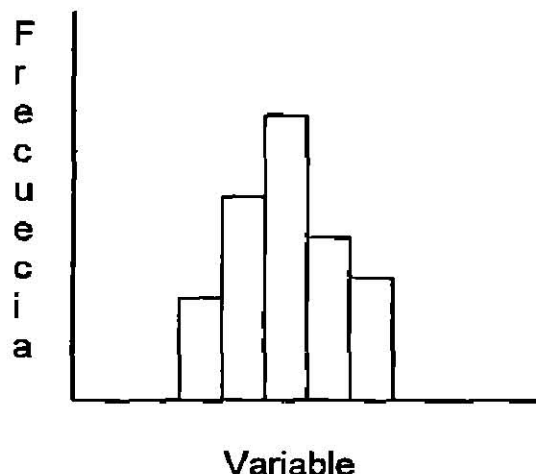
Para poder analizar los datos y obtener la información que deseamos a partir de ellos, necesitamos ordenarlos. La forma común de ordenarlos consiste en construir con ellos una tabla llamada **distribución de frecuencias**. El procedimiento que se sigue para la elaboración de esta tabla consiste básicamente en organizar los datos por grupos, a fin de poder ver:

- qué datos representan los valores más bajos, y cuales los más altos;
- con qué frecuencia se presentan los datos en los grupos;
- la forma de la población de los datos.

**Nota:** El uso y la elaboración del Histograma requieren que los datos en que se apoya sean del tipo “variables continuas”, es decir. aquellas que provienen de procesos de medición. En caso de que los datos no sean de esta clase, y correspondan más bien al tipo de “variable por atributos” o categorías, se recomienda utilizar la Gráfica de Barras. Cada atributo será el equivalente de cada clase, pero no será necesaria la continuidad de las barras, y en algunos casos, no existirá una escala numérica ( con valores crecientes de la variable ), ni un orden especificado. en consecuencia, le lectura de la Gráfica de Barras debe efectuarse con cuidado, en forma diferente, a la que se efectúa del Histograma.(1)

## ¿ Que es el Histograma ?

El histograma es una gráfica que resulta de la tabla de frecuencias de los datos: está integrada por un conjunto de barras que representan los intervalos o clases, ubicadas en un sistema de coordenadas.



La línea vertical sirve para indicar la cantidad de datos que contiene cada clase. Por consiguiente, se gradúa teniendo en cuenta tanto el número de datos que corresponden a cada clase, como el total de datos. En la línea horizontal se disponen las fronteras de todas las clases. Las barras corresponden a cada clase, y su altura es proporcional al valor de la frecuencia absoluta de la misma.

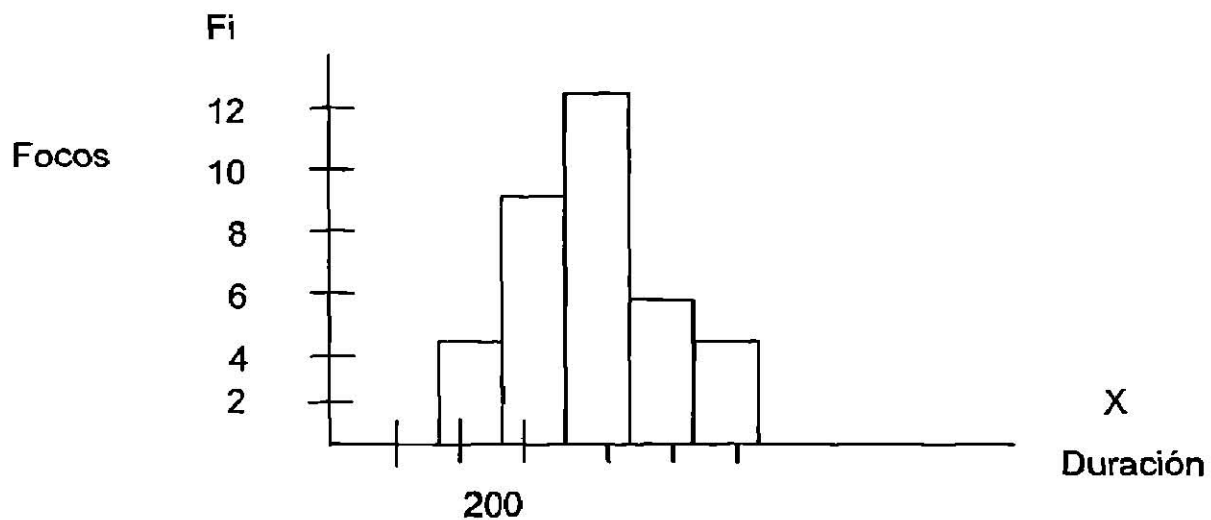
En el extremo izquierdo de la primera barra se anota la frontera inferior de la primera clase; la barra siguiente superior de la primera clase, cantidad que coincide con la frontera inferior de la segunda barra se anota la cantidad que corresponde a la marca de clase. Se recomienda colocar los rótulos correspondientes en los ejes; en la parte horizontal se menciona la variable que se estudia, junto con una indicación de la unidad de medición. En la parte vertical, se anota ya sea " frecuencia " o una expresión equivalente, como por ejemplo " número de artículos ", " observaciones ", y así por el estilo.(1)

**Ejemplo 1:**

El histograma correspondiente al ejemplo 1 es el siguiente, y se produce la tabla de distribución de frecuencia:

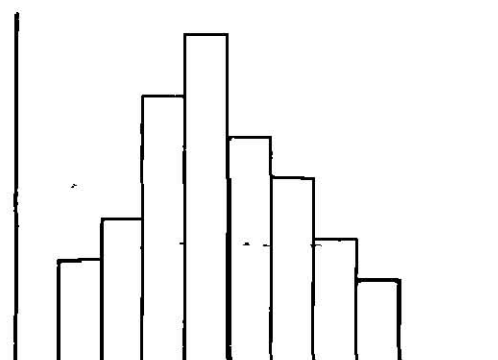
Clase	Fronteras		Marca de clase		Frecuencia absoluta
$i$	FI	FS	$X_i$	$F_i$	
1	179.5	218.5	199	3	
2	218.5	257.5	238	8	
3	257.5	296.5	277	12	
4	296.5	335.5	316	4	
5	335.5	374.5	355	3	

Total = 30



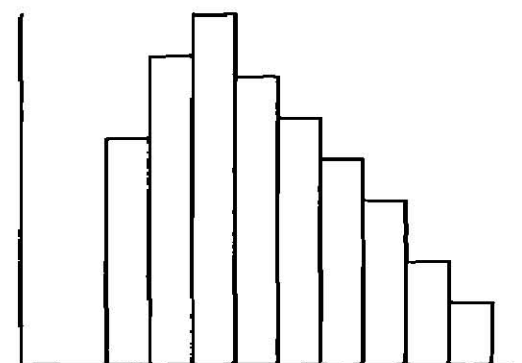
Nótese la forma acampanada que toma el histograma. Existen muchas variables que se comportan de este modo: en estadística decimos que son variables "normales".

La forma de un histograma depende de la distribución de las frecuencias de los datos. Algunas de las formas más comunes que puede adoptar un histograma son las siguientes:



(1)

Normal



Sesgado a la derecha



Por otra parte, para un mismo conjunto de datos el histograma depende del número de clases que se elija. Obsérvese en las figuras siguientes cómo cambia la forma del histograma del valor de  $k$ :



Con una clase, resulta un solo rectángulo, el cual representa al conjunto total de datos. Con un cierto valor de  $k$ , se puede apreciar el patrón de comportamiento de los datos, y más allá de ese valor el histograma empieza a revelar demasiados detalles: se llegaría a tener una clase para cada dato

Después de construido el histograma, podemos responder en una forma inmediata las siguientes cuestiones:

- 1).- ¿Cuál es la forma de la distribución ?
- 2).- ¿Cuál es la relación con las especificaciones ?
- 3).- ¿ Es necesario un cambio en el proceso ?(1)

Debe mencionarse que si bien el **histograma** es útil al analizar un proceso, su uso tiene algunas limitaciones:

- a) El histograma muestra una condición a posteriori del proceso, es decir, no involucra el paso del tiempo.
- b) El número de datos que se necesitan es relativamente grande.
- c) Es imposible distinguir entre las dos clases de variación
- d) Por último, el histograma resulta incapaz de mostrar si el proceso exhibe algún patrón de comportamiento anormal.

Con todo, el histograma es la mejor herramienta que podemos utilizar para detectar un cambio en el proceso.

### **El histograma y los límites de especificación**

Es conveniente marcar los límites de especificación en el histograma, pues así resulta fácil reconocer la existencia de problemas en el comportamiento de la variable en cuestión, o si se comparan dos histogramas del mismo proceso, ver si ha habido un cambio favorable o desfavorable en el mismo.

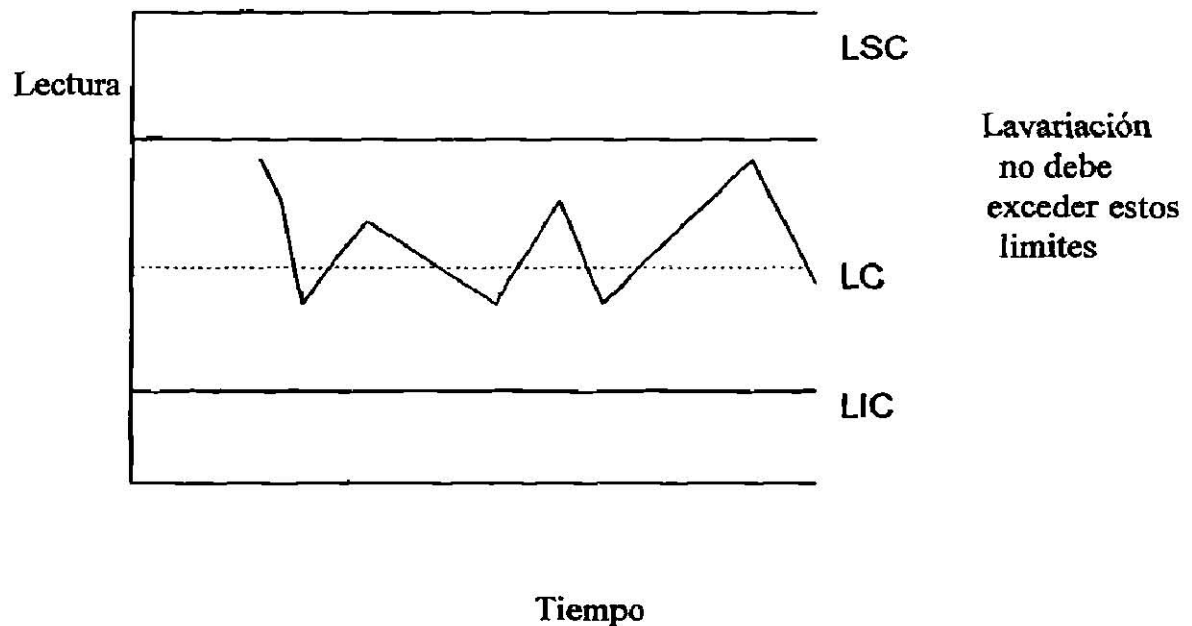
Por ejemplo se ve si un proceso está dentro de las especificaciones todos los datos caen entre los límites, lo que significaría que se tienen procesos con valores de la característica de calidad muy altos, o muy bajos.(1)

## 7.-GRÁFICA DE CONTROL

### ¿ Que es una gráfica de control ?

Diagrama que sirve para examinar si un proceso se encuentra en una condición estable, o para indicar que el proceso se mantiene en una condición estable.

Aunque existen diversos tipos de gráficas de control, todas presentan una estructura similar, como lo muestra la figura. La gráfica contiene una línea central ( LC ), una línea superior que marca el límite de control superior ( LCS ), y una línea inferior que marca el límite de control inferior ( LIC ). Los puntos representan las lecturas hechas a intervalos determinados de tiempo, y los límites de control marcan el intervalo de confianza en el cual se espera c, con un nivel de confianza dado, que caigan los puntos.



Las lecturas se hacen a partir de muestras del producto, pudiendo ser lecturas individuales, porcentajes de trabajos disconformes, rangos, promedios, etc., y los intervalos de tiempo son generalmente iguales. Si el patrón de puntos no coincide con ninguno de los patrones de comportamiento anormal, entonces el proceso se encuentra en la condición estable de la definición.(1)

## Consideraciones previas

Antes de elaborar una gráfica de control, es necesario establecer con claridad los siguientes puntos:

- el propósito de la gráfica,
- la variable a considerar,
- el criterio a adoptar en la selección de los datos,
- y el tamaño de la muestra.

Pueden ser propósitos, entre otros, para la elaboración de una gráfica de promedios y rangos, los siguientes:

- ⇒ Obtener información para establecer o cambiar especificaciones.
- ⇒ Obtener información para establecer o cambiar procedimientos de inspección
- ⇒ Tener un criterio para decidir si conviene investigar causas de variación del proceso.
- ⇒ Tener un criterio para decisiones rutinarias sobre la situación de un proceso.
- ⇒ Familiarizar al personal con el uso de esta gráfica.

La variable a considerar debe ser siempre algo que pueda ser medido: tiempo, temperatura del lugar, humedad; o bien el número de procesos calificados con pasa / no pasa.

La selección de los datos se debe hacer con base en hipótesis racionales.

Con respecto al tamaño de la muestra, es conveniente que los subgrupos se formen de acuerdo con el tipo de gráfica, el volumen de clientes, el tiempo, el orden, etc.(1)

## **Tipos de gráficas de control**

Las gráficas de control más frecuentemente utilizadas son las siguientes:

Para las variables:

- Promedios y rangos
- Promedios y desviación estándar
- Medianas y rangos
- Lecturas individuales

Para los atributos:

- Porcentaje de unidades, trabajos o procesos defectuosos
- Número de unidades, trabajos o procesos defectuosos
- Número de defectos por unidad, persona o departamento
- Proporción de defectos por unidad, persona o departamento(1)

## **¿ Para que sirve la gráfica de control ?**

- ⇒ Diagnostica el comportamiento de un proceso en el equipo.
- ⇒ Los datos sacados de una gráfica de control pueden servir para calcular la habilidad del proceso.
- ⇒ Indica si un proceso ha mejorado o empeorado.
- ⇒ La gráfica permite identificar las dos fuentes de variación de un proceso: causas comunes y causas especiales o asignables.
- ⇒ Es una herramienta que sirve para determinar el estado de control de un proceso.
- ⇒ Es una herramienta de comunicación para explicar la salida de un proceso en términos de un lenguaje común.
- ⇒ Promueve la participación directa de los empleados en el logro de la calidad.
- ⇒ Sirve como una herramienta de detección de problemas.(1)



