



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
Y ELECTRICA

SIETE HERRAMIENTAS BASICAS

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO ADMINISTRADOR DE SISTEMAS

PRESENTA

MIGUEL ANGEL SILVESTRE GARCIA

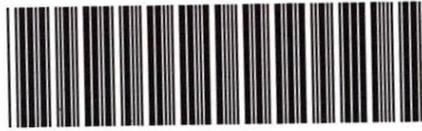
ASESOR:

ING. ROBERTO ELIZONDO VILLARREAL

CIUDAD UNIVERSITARIA

FEBRERO 1996

1  
TS156  
.8  
S5  
e.1



1080064427

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
Y ELECTRICA**

**SIETE HERRAMIENTAS BASICAS**

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

**PRESENTA  
MIGUEL ANGEL SILVESTRE GARCIA**

**ASESOR:  
ING. ROBERTO ELIZONDO VILLARREAL**

**CIUDAD UNIVERSITARIA**

**FEBRERO 1996**

T  
TS 156  
.8  
55



A handwritten signature in black ink is written over a circular stamp. The stamp contains the text "BIBLIOTECA" and "UNIVERSIDAD" in a circular arrangement. Below the signature, the text "BIBLIOTECA" and "UNIVERSIDAD" is printed in a rectangular box.



A circular stamp with the text "BURAU RINGGAS" around the top edge. In the center, there are the letters "U L". Below the circle, the text "FONDO" and "TESIS LICENCIATURA" is printed in a rectangular box.

## **PENSAMIENTO DE AGRADECIMIENTO:**

### **A DIOS:**

Te doy gracias señor por haberme dado la oportunidad de llegar a este momento tan importante de mi vida.

### **A MIS PADRES:**

Le doy gracias a mis padres Florentino Silvestre Chavez y Consuelo García González por haberme dado esta oportunidad de prepararme como profesionista en mi vida; uno como hijo es lo mas grande que puede recibir como herencia de sus Padres.

### **A MI ABUELITA:**

José Fina González por darme su fortaleza como tal; te quiero abuelita.

### **A MIS HERMANOS:**

Rosa María, José Alfredo, María Guadalupe, Manuel, Javier, Florentino e Ignacio por darme el apoyo como hermanos que son, tanto moral, como económicamente, para salir adelante en mi carrera.

### **A MI NOVIA:**

Mary Carmen Limón Ruiz por estar conmigo en los momentos mas difíciles, como persona y como pareja que somos; te quiero mucho Mary.

### **A MIS AMIGOS:**

Mario Alberto, José Guadalupe, Víctor Manuel, Julio Cesar, Juan Pablo, Claudia y Delina le doy gracias; porque en las buenas y en las malas me apoyaron y estuvieron conmigo durante mi carrera, y por aquellos momentos que pasamos tan felices juntos.

## ÍNDICE

I.-	SIETE HERRAMIENTAS BÁSICAS	3
II.-	DIAGRAMA DE PARETO	4
III.-	HISTOGRAMA	16
IV.-	DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO	26
V.-	DIAGRAMA DE DISPERSIÓN	30
VI.-	ESTRATIFICACIÓN	42
VII.-	GRÁFICAS DE CONTROL	50
VIII.-	HOJAS DE VERIFICACIÓN	73
IX.-	BIBLIOGRAFÍA	82



## SIETE HERRAMIENTAS BÁSICAS

### INTRODUCCIÓN:

Los instrumentos de trabajo que nos van a permitir alcanzar la excelencia son las llamadas 7 Herramientas Básicas para el CTC. Estos instrumentos de trabajo deben estar en manos de cada persona para que sean usadas en el trabajo diario, ya que fueron ideadas con ese propósito. Es la única forma de conocer cómo se están haciendo las cosas, de realizar proyectos para mejorar y de transitar por el camino de la mejora continua.

El uso de estas herramientas permite identificar causas y áreas de problemas, graficar los datos referente a ellos, destacar los problemas vitales y resaltar aspectos que hayan estado ocultos. Posiblemente el éxito de la mejora en nuestro trabajo dependa de la manera como se usen estos instrumentos.

Para cada una de las herramientas se señala, de manera general, en qué consiste, cuál es su propósito y la forma de elaboración. Además de presentar algunos conceptos básicos necesarios para su puesta en práctica, por qué y cómo se deben recolectar datos, cómo se elaboran las principales gráficas empleadas en el control total de calidad y algunos conceptos estadísticos indispensables.

Las siete herramientas básicas son las siguientes:

- 1.- Diagrama de Pareto.
- 2.- Histograma.
- 3.- Diagrama de Causa y Efecto ( Diagrama de Ishikawa ).
- 4.- Diagrama de Dispersión.
- 5.- Estratificación.
- 6.- Gráficas de Control.
- 7.- Hoja de Verificación.



## DIAGRAMA DE PARETO

### Que es el diagrama de Pareto:

El diagrama de Pareto 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.

El nombre de este diagrama es en honor a Vilfredo Pareto, un economista italiano que introdujo 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; éste último formuló la “regla 80-20” con la base de los estudios y principios de Pareto: Aproximadamente, el 80% de un valor o de un costo se debe al 20% de los elementos de éste.

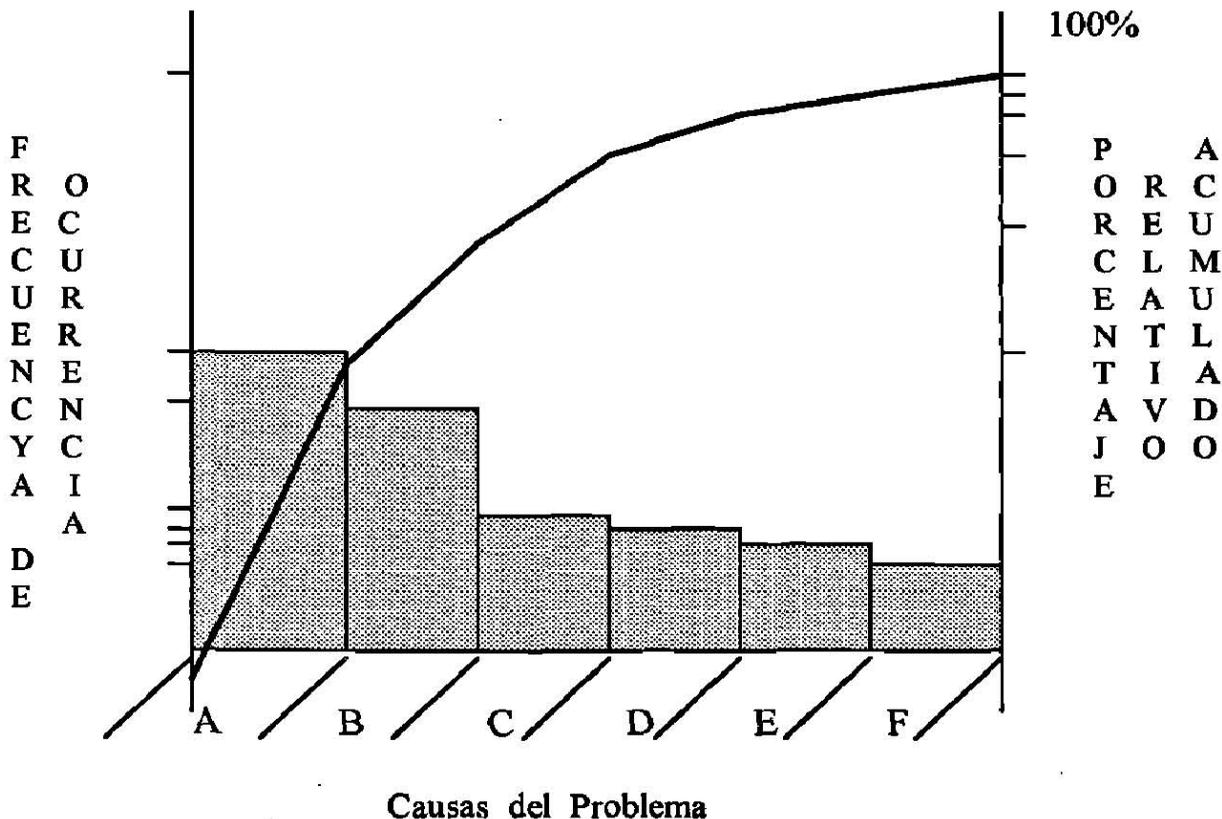
### Ejemplos:

- a) El 80% del volumen de ventas de una empresa se realizan a través del 20% de sus productos.
- b) El 80% del total de tiempo de trabajo se consume con el 20% de las actividades diarias.
- c) El 80% del valor de un inventario de artículos se debe al 20% de estos artículos.
- D) El 80% de total de defectos encontrados en un producto se debe al 20% de los tipos de causas identificados.



## Para qué sirve el diagrama de Pareto:

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



- Canaliza los esfuerzos hacia los “ pocos vitales “.
- Es el primer paso para la realización de mejoras, pues se aplica en todas las situaciones en donde se pretende efectuar una mejora, en cualquier de los componentes de la Calidad Total: la calidad del producto / servicio, costos, entrega, seguridad y moral.
- Permite la comparación antes/después, ayudando a cuantificar el impacto de las acciones emprendidas para lograr mejoras.



- ❑ Se utiliza también para expresar los costos que implican cada tipo de defecto y los ahorros logrados mediante el efecto correctivo llevado a cabo a través de determinadas acciones.

### Como se hace un diagrama de Pareto:

El diagrama de Pareto se asemeja a un diagrama de barras, y su construcción comprende los siguientes pasos; para ilustrar la construcción del diagrama, se proporciona un ejemplo:

- ❑ **Paso 1:**  
Identifique el problema o área de mejora en la que se va a trabajar.

En el departamento de sistemas existen paralizaciones de trabajo debido a fallas de ciertas máquinas. Se decide, entonces, analizar este problema para tomar decisiones encaminadas a soluciones.

- ❑ **Paso 2:**  
Elabore una lista de los factores que pueden estar incidiendo en el problema, por ejemplo: tipos de fallas, características de comportamiento, tiempos de entrega.

En reunión de supervisores se enumeran las principales causas que pueden estar incidiendo sobre el problema:

- interrupción de la energía eléctrica
- manejo incorrecto por parte del operador
- programa inadecuado
- falta de mantenimiento
- virus en le sistema
- otros.

- ❑ **Paso 3:**  
Establezca el período de tiempo dentro del cual se recolectarán los datos: días, semanas, meses...

Para constar estas apreciaciones, se decide tomar datos durante el período del 8 al 11 de mayo (un turno, en forma aleatoria, de 8 horas en cada uno de los cuatro días), los cuales se consignarán en un formato que será manejado por los supervisores semanales.

- **Paso 4:**  
Diseñe una hoja de verificación para la frecuencia con que ocurre cada factor, dentro del período fijado, especificando el número total de casos verificados.

## Hoja de Verificación

## CAUSAS DE PARALIZACIÓN DEL TRABAJO

Causas	Tiempo de paralización del trabajo ( en minutos)
interrupción de la energía eléctrica	92
Manejo incorrecto del operador	45
Programa inadecuado	114
Falta de mantenimiento	202
Virus en el sistema	19
Otros	16

**Paso 5:**

Con base en los datos de la hoja de verificación, ordene los distintos factores conforme a su frecuencia, comenzando con el que se da un número mayor de veces.

Recuerde que el número de todas las frecuencias debe ser igual al número de casos u observaciones hechas.

## Hoja de Verificación

## CAUSAS DE PARALIZACIÓN DEL TRABAJO

Causas	Tiempo de paralización del trabajo ( en minutos)
Falta de Mantenimiento	202
Programa inadecuado	114
Interrupción de la energía eléctrica	92
Manejo incorrecto del operador	45
Virus en el sistema	19
Otros	16

$$d = 488$$



- **Paso 6:**  
Obtenga el porcentaje relativo de cada causa o factor, con respecto al total:

$$\text{porcentaje relativo} = \frac{\text{frecuencia de la causa}}{\text{total de frecuencias}} \times 100$$

La suma de todos los porcentajes debe ser igual al 100%.

<b>REGISTRO DEL TIEMPO DE PARALIZACIÓN DEL TRABAJO (en minutos)</b>		
Periodo: 8 al 11 de mayo		
<b>Causas de las fallas</b>	<b>Tiempo de paralización (en minutos)</b>	<b>% relativo del tiempo de paralización</b>
Falta de Mantenimiento	202	41.39 %
Programa inadecuado	114	23.36 %
Interrupción de la energía eléctrica	92	18.85 %
Manejo incorrecto del operador	45	9.22 %
Virus en el sistema	19	3.89 %
Otros	16	3.28 %
	<b>d = 488</b>	<b>99.99 %</b>



❑ **Paso 7:**

Calcule el porcentaje relativo acumulado, 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 realizan acciones efectivas que suprimas las causas principales del problema.

<b>REGISTRO DEL TIEMPO DE PARALIZACIÓN DEL TRABAJO (en minutos)</b>			
Periodo: 8 al 11 de mayo			
<b>Causas de las fallas</b>	<b>Tiempo de paralización (en minutos)</b>	<b>% relativo del tiempo de paralización</b>	<b>% relativo acumulado</b>
Falta de Mantenimiento	202	41.39 %	41.39 %
Programa inadecuado	114	23.36 %	64.75 %
Interrupción de la energía eléctrica	92	18.85 %	83.60 %
Manejo incorrecto del operador	45	9.22 %	92.82 %
Virus en el sistema	19	3.89 %	96.71 %
Otros	16	3.28 %	99.99 %
	<b>d = 488</b>	<b>99.99 %</b>	

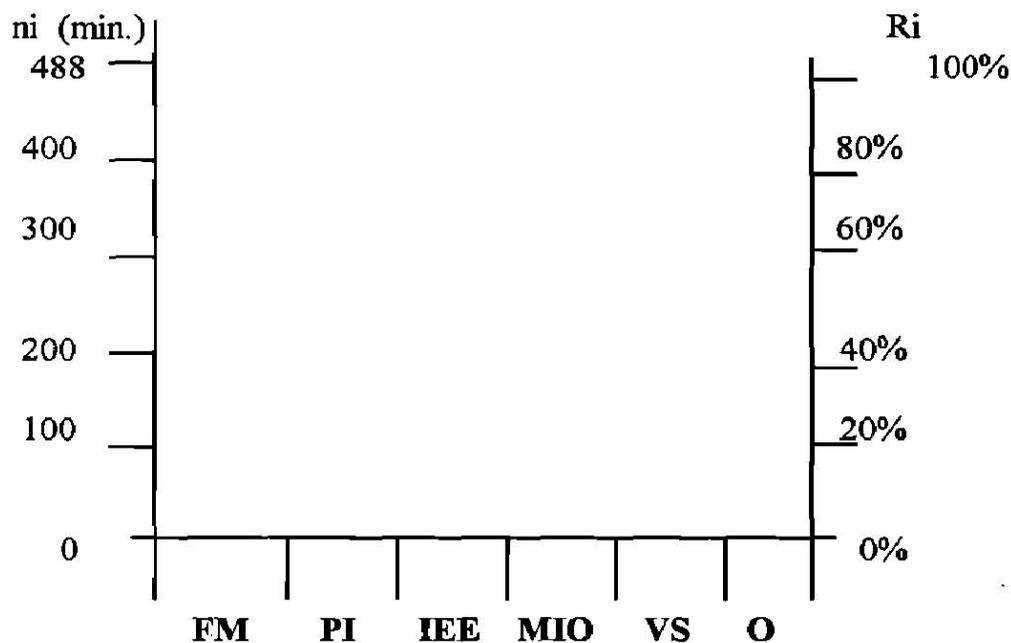
□ **Paso 8:**

Construya el diagrama de Pareto.

**8.1** En el eje horizontal se anotan las causas (factores) de izquierda a derecha, en orden decreciente en cuanto a su frecuencia o costo. El eje vertical izquierdo se gradúa de forma tal que sirva para mostrar el número de datos observados (*la frecuencia de cada causa*). El eje vertical derecho mostrara el porcentaje relativo acumulado.

**DIAGRAMA DE PARETO DEL TIEMPO DE PARALIZACIÓN DEL TRABAJO**

PERIODO DE OBSERVACIÓN: 8 al 11 de Mayo



**FM** = Falla de Mantenimiento.

**PI** = Programa Inadecuada.

**IEE** = Interrupción de la Energía Eléctrica.

**MIO** = Manejo Incorrecto del Operador.

**VS** = Virus en el Sistema.

**O** = Otros.

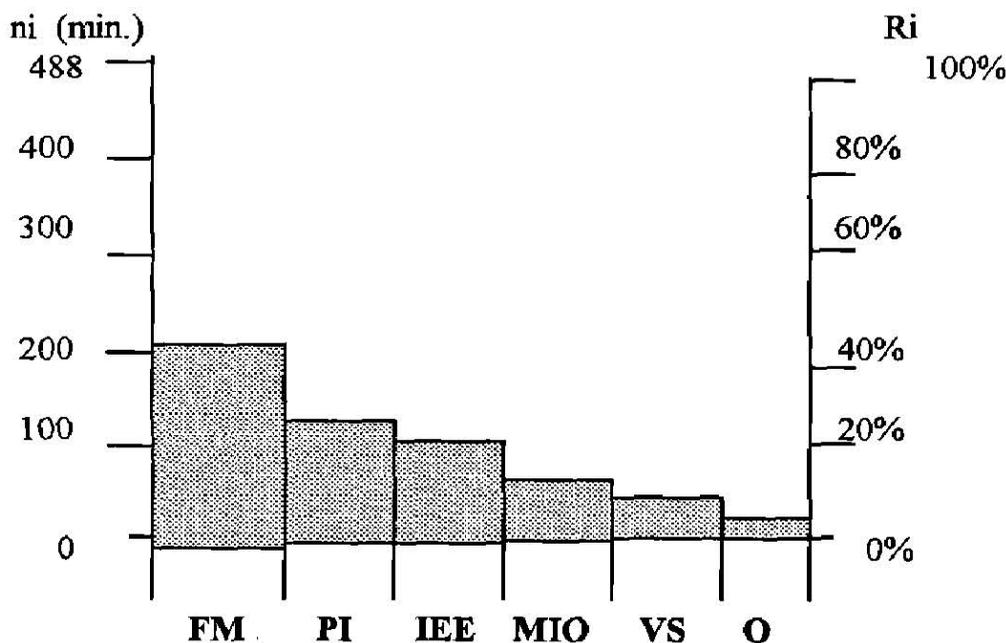


**Nota:** Es importante cuidar que el diagrama sea mas bien cuadrado, es decir, la longitud del eje horizontal debe ser aproximadamente igual que la del eje vertical. Esto debe hacerse para evitar una interpretación errónea de los resultados.

**8.2** Trace las barras o rectángulos correspondientes a los distintos factores o causas. La altura de las barras representa el numero de veces que se presento la causa, y se dibuja con la misma amplitud, una tras otra.

### DIAGRAMA DE PARETO DEL TIEMPO DE PARALIZACIÓN DEL TRABAJO

PERIODO DE OBSERVACIÓN: 8 al 11 de Mayo



**FM** = Falla de Mantenimiento.

**PI** = Programa Inadecuada.

**IEE** = Interrupción de la Energía Eléctrica.

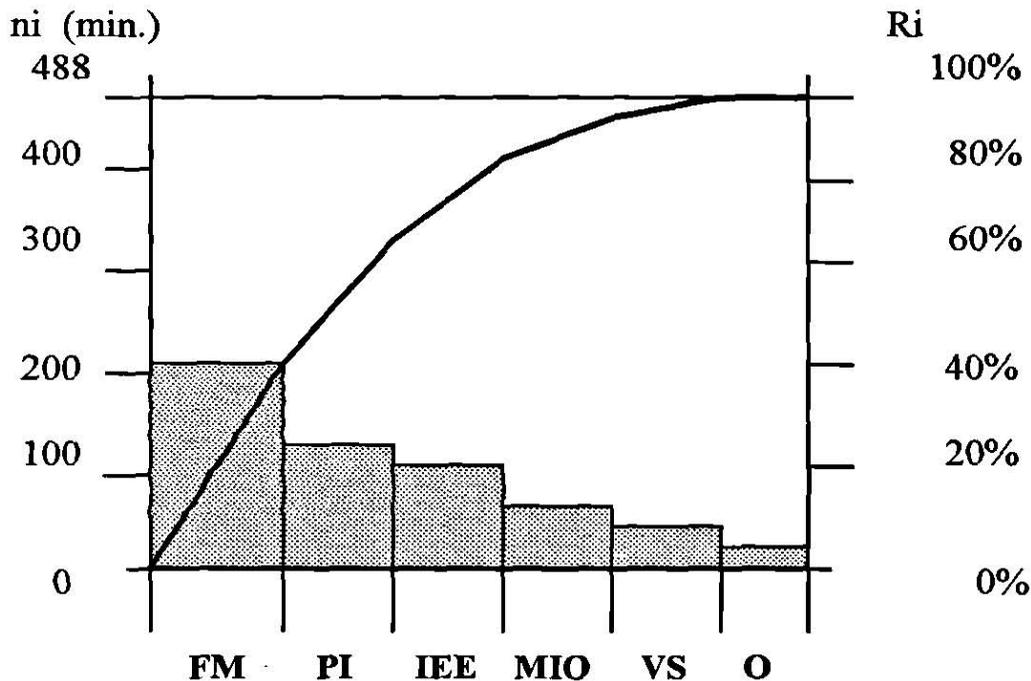
**MIO** = Manejo Incorrecto del Operador.

**VS** = Virus en el Sistema.

**O** = Otros.

8.3 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.

DIAGRAMA DE PARETO DEL  
TIEMPO DE PARALIZACIÓN DEL TRABAJO  
PERIODO DE OBSERVACIÓN: 8 al 11 de Mayo



- FM = Falla de Mantenimiento.
- PI = Programa Inadecuada.
- IEE = Interrupción de la Energía Eléctrica.
- MIO = Manejo Incorrecto del Operador.
- VS = Virus en el Sistema.
- O = Otros.

**8.4** Desde la marca del 80% en el eje vertical derecho, trace una línea hasta la curva que muestra los porcentajes acumulados, y de allí baje una línea hasta el eje horizontal, para identificar los “ pocos vitales “. Como cualquier otra herramienta, el diagrama de Pareto debe acompañarse de información que señale cual es el problema, fechas, responsable, lugares,....

Cía.: **SOFTWARE INTERNACIONAL**

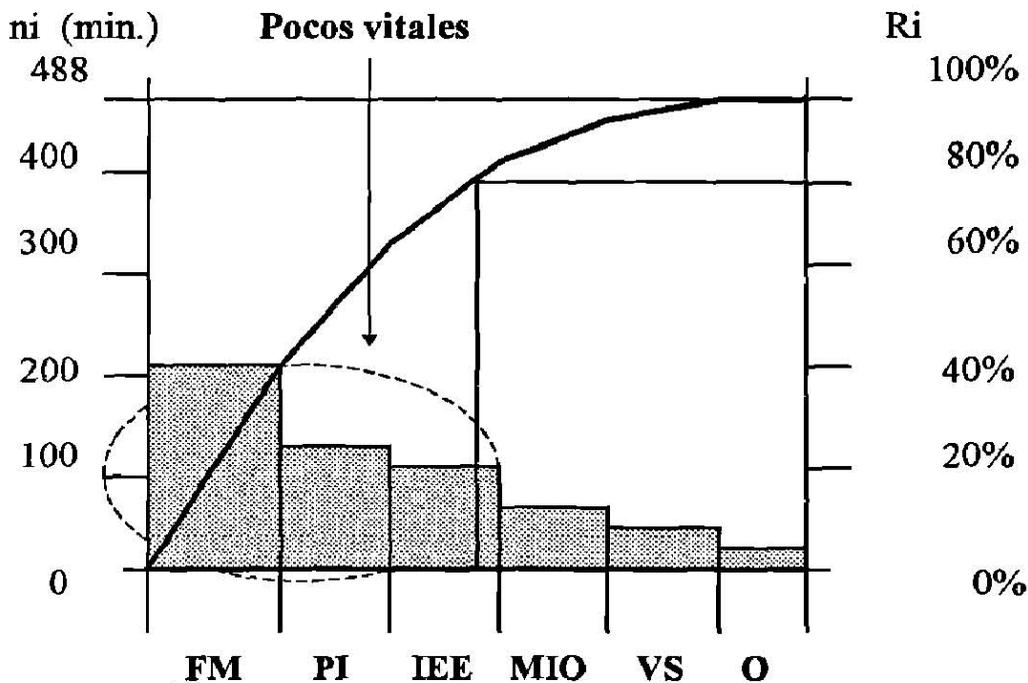
Reporte de:

**Causas de paralización del trabajo**

Responsable: Ing. Raúl Ortega Loera.

Fecha: 12 de mayo de 1992.

**DIAGRAMA DE PARETO DEL  
TIEMPO DE PARALIZACIÓN DEL TRABAJO  
PERIODO DE OBSERVACIÓN: 8 al 11 de Mayo**



**FM** = Falla de Mantenimiento.

**PI** = Programa Inadecuada.

**IEE** = Interrupción de la Energía Eléctrica.

**MIO** = Manejo Incorrecto del Operador.

**VS** = Virus en el Sistema.

**O** = Otros.

Habiendo ya identificado los “ pocos vitales “, el siguiente paso sería que los responsables que han realizado el diagrama se pregunten sobre la factibilidad de atacar estos factores. Según el principio de Pareto, la acción de eliminar estos factores traería como consecuencia la disminución del tamaño del problema aproximadamente un 80%.

Naturalmente, el atacar esos factores implica el uso de recursos (tiempo, dinero, materiales, mano de obra, etc.), los cuales deberán estudiarse para ver si con ellos se puede llevar a cabo esta actividad. En el caso con que no se cuenten con los recursos necesarios para eliminar todos, alguno de esos factores (los identificados en el diagrama), se deberá decir sobre la conveniencia de enfrentar tal o cual factor.

## HISTOGRAMA

En ocasiones se tiene un gran volumen de información que se desea organizar de manera gráfica para observar la forma como se distribuyen los datos según su frecuencia de ocurrencia y tomar decisiones con base en ello.

Por ejemplo, usted puede requerir conocer la vida útil de un producto. Aquí sería muy conveniente ver gráficamente la manera como se distribuye el tiempo la vida de los productos probados y sacar algunas conclusiones, como: rango, concentración de los datos algún intervalo, dispersión, etc.

La herramienta indicada en estos casos es el histograma. Para trabajar con el histograma, es necesario conocer primero como se organizan los datos, y para este fin se construyen las tablas llamadas “distribuciones de frecuencia”.

Veamos enseguida en que consisten estas.

### ***LA ORGANIZACIÓN DE DATOS DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS.***

Para poder analizar los datos y obtener la información que deseamos a partir de ellos, necesitamos ordenarlos. La forma común de ordenarlos es construir con ellos una tabla llamada **distribución de frecuencia**. El procedimiento que se sigue para la elaboración de esta tabla consiste básicamente en organizar los datos por grupos (categorías o clases).

#### ***COMO SE HACE LA DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS.***

**1 Obtenga el rango de los datos.**

El rango es la diferencia que existe entre el dato mayor ( $X_m$ ) y el dato menor ( $X_n$ ) de un conjunto de datos:  $R = X_m - X_n$ , e indica qué distancia cubren los datos si se ordenan en una recta numérica.

**2 Determine el número de clases.**

Para saber en cuántas clases conviene agrupar los datos, se acostumbra tener como guía la siguiente tabla.

Cantidad de datos ( N )	Cantidad de clases ( K )
Menor de 50	5 a 7
50 a 100	6 a 10
100 a 250	7 a 12
Más de 250	10 a 20

### 3 Determine la amplitud de cada clase.

Esto se lleva a cabo dividiendo el rango de los datos ( R ) aumentando en una unidad de medición ( U ), entre el número establecida de clases:  $A = (R+U)/R$ .

Nota (1): Cuando se trabaja con números enteros, la unidad ( U ) equivale a 1. Si es con fraccionarios, la unidad es de la misma clase que la de las unidades fraccionarias que se maneja. Así si se trabaja con décimas, la unidad es una décima ( 0.1 ); si son centésimas, será una centésima ( 0.01 ), etc.

Nota (2): Cuando se manejan datos enteros y el resultado del cálculo de la amplitud incluye cifras decimales, éstas se suprimen, y el resultado se redondea elevando en una unidad. Cuando se manejan datos que incluyen una decimal y el resultado incluye dos o más cifras decimales, esta cantidad se redondea en una única cifra decimal, la inmediata superior a la primera decimal expresada en el resultado; y así sucesivamente.

### 4 Establezca los valores límites de cada clase.

Estos son llamados las **fronteras inferiores (Fi)** y **superior (Fs)** de cada una. La frontera inferior de la primera clase se establece restando la mitad de una unidad ( U ) al dato menor de todo el conjunto. La frontera superior se obtiene sumando la amplitud ( A ) a la frontera inferior. Para las siguientes clases, se copia ña frontera inferior; de la clase anterior y se repite el proceso de sumar la amplitud para obtener la frontera superior.

### 5 Calcule el punto de cada clase.

Este valor se denomina **marca de clase**; se denota por  $X_i$  y es la semisuma de las fronteras de las clases:  $X_i = (F_{i-1} + F_i)/2$ .

### 6 Calcule las frecuencias absolutas de cada clase.

Cuente el número de datos que caen dentro de cada una de las clases; estas cantidades se llaman frecuencias, y se denotan con el símbolo **fi**. (Lógicamente, la suma de la columna de frecuencias absolutas debe coincidir con el total de los datos manejados).

7 **Elabore la tabla de frecuencias.**

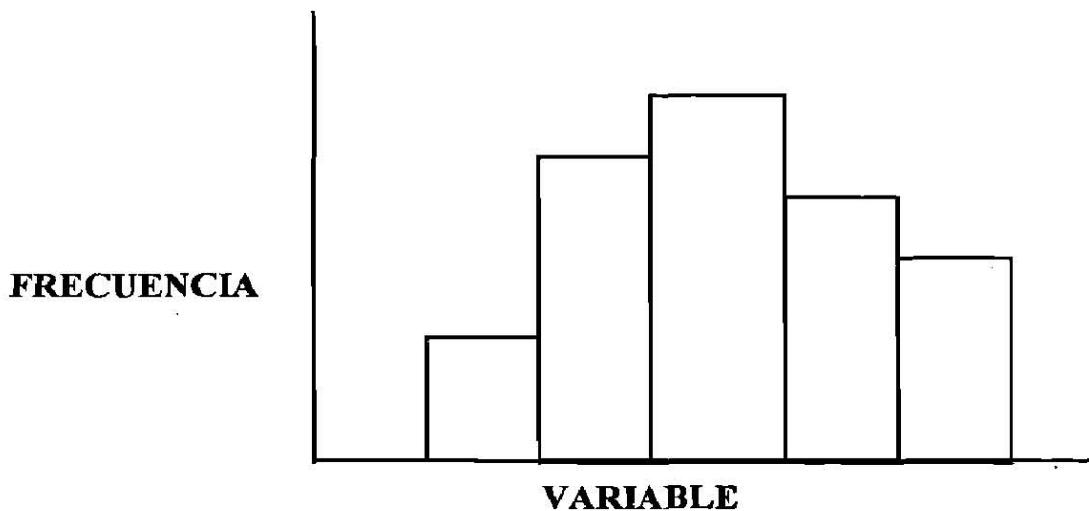
La distribución de frecuencias terminada presenta la siguiente forma:

$F_i - F_s$	$X_i$	$f_i$

Conociendo ya cómo se hacen las distribuciones de frecuencias, podemos comenzar a estudiar el histograma.

### QUE ES EL HISTOGRAMA:

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



La línea vertical indica la cantidad de datos que contiene cada clase o categoría. Por consiguiente, se gradúa teniendo en cuenta la frecuencia máxima (generalmente, incluye el cero como valor mínimo). En la línea horizontal se disponen las fronteras o límites de todas las clases, correspondientes a la variable bajo estudio. Las barras correspondientes a cada clase, y su altura es proporcional al valor de la frecuencia absoluta de la misma.

## COMO SE ELABORA EL HISTOGRAMA:

La elaboración del histograma parte de un conjunto de datos, arreglados en una distribución de frecuencia. Por lo tanto, el procedimiento para elaborarlo sigue los mismos pasos que la distribución de frecuencia, al cual se agrega el paso mismo de la graficación de dos de las columnas de la tabla: la segunda (de las clases) y la última (las frecuencias absolutas). Veamos enseguida los pasos del procedimiento para construir el histograma, a la vez que presentamos cada paso en un ejemplo:

### Ejemplo:

Se han recogido sobre el tiempo de vida de las pilas eléctricas del tipo AA producidas por la empresa VOLTA. Para la muestra de 200 pilas se procedió a registrar el número de horas en que suministraron energía eléctrica.

164	165	168	164	163	170	162	166	177	173
170	164	165	167	174	167	167	167	167	169
165	164	164	159	169	164	168	164	164	176
164	168	163	163	173	167	165	167	167	161
170	161	171	170	163	166	166	167	166	170
178	158	172	171	168	155	154	174	155	161
170	167	174	158	165	167	168	170	167	167
160	168	159	164	159	163	160	166	163	166
163	170	170	169	175	170	164	177	170	164
164	164	161	159	179	158	179	165	158	166
168	173	164	168	171	177	165	164	177	169
173	163	170	150	170	153	167	171	153	172
158	177	169	156	167	162	166	164	162	170
161	165	163	159	156	170	163	170	170	157
164	169	166	160	163	163	169	166	163	160
159	170	157	164	165	175	163	165	175	165
161	168	167	166	169	166	171	159	166	164
153	161	157	163	160	155	165	158	163	157
155	174	170	169	167	164	157	166	179	159
164	163	174	168	165	163	173	164	160	159

N = 200

Tiempo de Vida

Unidades: Horas

**Paso 1:**

Obtenga el rango de los datos. Cuando se trabaja con un número grande de datos, una manera eficiente de identificar el mayor y el menor de ellos es como se ilustra a continuación. Se dividen los datos, de manera tentativa, en algunos grupos (en este caso, en 10 columnas). Para cada columna se señala el número mayor (\*) y el menor (&). Luego se determina: el valor más alto de todos los valores altos (179) y el valor más bajo de todos (150).

164	165	168	164	163	170	162	166	177	173
170	164	165	167	174	167	167	167	167	169
165	164	164	159	169	164	168	164	164	176*
164	168	163	163	173	167	165	167	167	161
170	161	171	170	163	166	166	167	166	170
178*	158&	172	171*	168	177*	154&	174	155	161
170	167	174*	158	165	167	168	170	167	167
160	168	159	164	159	163	160	166	163	166
163	170	170	169	175	170	164	177*	170	164
164	164	161	159	179L	158	179L	165	158	166
168	173	164	168	171	177	165	164	177	169
173	163	170	150S	170	153	167	171	153&	172
158	177*	169	156	167	162	166	164	162	170
161	165	163	159	156&	170	163	170	170	157&
164	169	166	160	163	163	169	166	163	160
159	170	157&	164	165	175	163	165	175	165
161	168	167	166	169	166	171	159	166	164
153&	161	157	163	160	155&	165	158	163	157&
155	174	170	169	167	164	157	166	179L	159
164	163	174*	168	165	163	173	164	160	159

N = 200

Tiempo de Vida

Unidades: Horas

El rango es entonces  $R = 179 - 150 = 29$ .

- Paso 2:**  
Determine el número de clases. Como se tienen 200 datos, se elige  $K = 10$ .

- Paso 3:**  
Determine la amplitud de cada clase. La amplitud está dada por

$$A = \frac{R + U}{K} = \frac{29 + 1}{10} = 3$$

donde la unidad de medida ( U ) es una hora.

- Paso 4:**  
Establezca los valores límites de cada clase. La frontera inferior de la primera clase es igual al dato menor menos media unidad:  $150 - 0.5 = 149.5$ . La frontera superior se obtiene sumando la amplitud a este valor:  $149.5 + 3 = 152.5$ . Las clases resultantes son entonces las siguientes:

149.5 - 152.5, 152.5 - 155.5, 155.5 - 158.5, ..... , 176.5 - 179.5

- Paso 5:**  
Calcule el punto medio de cada clase. El valor medio de la primer clase está dado por la semisuma de las fronteras:

$$X_1 = \frac{149.5 + 152.5}{2} = 151$$

En la tabla de abajo se muestran los otros resultados.

- Paso 6:**  
Calcule las frecuencias absolutas de cada clase. Señale el número de datos en cada clase con una marca, como se muestra en la tabla dada a continuación. Evite equivocaciones haciendo una doble verificación.

❑ **Paso 7:**

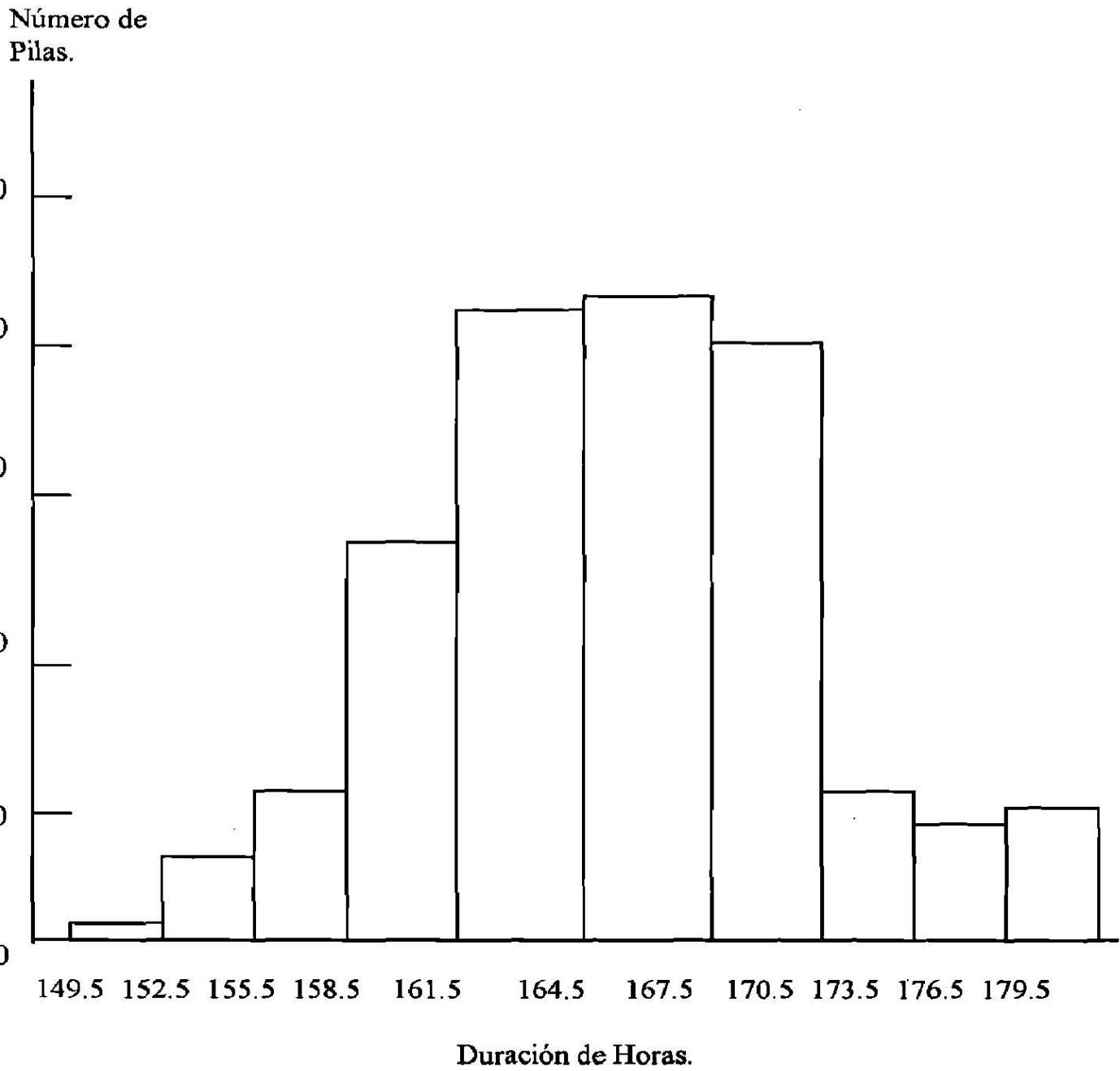
Elabore la tabla de frecuencias. Reuniendo la información anterior, la tabla de distribución de frecuencia queda entonces como sigue:

Clase No.	Clase	Valor Medio	Frecuencias ( tallos y ramas )	Frecuencia
1	149.5-152.5	151	/	1
2	152.5-155.5	154	/// /	6
3	155.5-158.5	157	/// /// ///	13
4	158.5-161.5	160	/// /// /// /// ///	25
5	161.5-164.5	163	/// /// /// /// /// /// /// /// ///	42
6	164.5-167.5	166	/// /// /// /// /// /// /// /// /// ///	44
7	167.5-170.5	169	/// /// /// /// /// /// /// ///	39
8	170.5-173.5	172	/// /// ///	13
9	173.5-176.5	175	/// ///	8
10	176.5-179.5	178	/// ///	9

❑ **Paso 8:**

Graficación del histograma. Dibuje los ejes vertical y horizontal. El eje vertical se gradúa teniendo la frecuencia máxima, que en este caso es 44. Se tomaron 5 subdivisiones, de 10 en 10. En el eje horizontal se presentan las clases, las cuales, a diferencia de la gráfica de barras, deben estar una junto a la otra, para asegurar la continuidad de los datos (el tiempo de vida de las pilas es una variable continua). Tenga en mente que las longitudes de los dos ejes sean más o menos iguales. Dibuje las barras.

HISTOGRAMA DE L TIEMPO DE VIDAS DE LAS  
PILAS "VOLTA" TIPO AA:

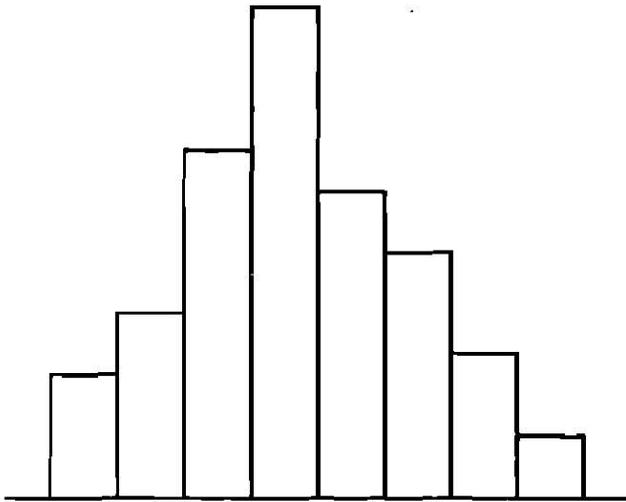


Ahora, sólo resta interpretar el histograma ( ver más adelante ).

## INTERPRETACIÓN DEL HISTOGRAMA.

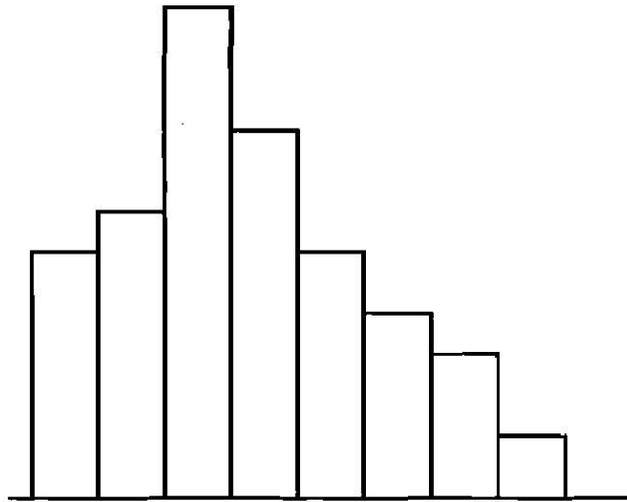
La forma de un histograma depende de la distribución de las frecuencias absolutas de los datos. Algunas de las formas más comunes que puede adoptar un histograma son las siguientes:

**NORMAL**



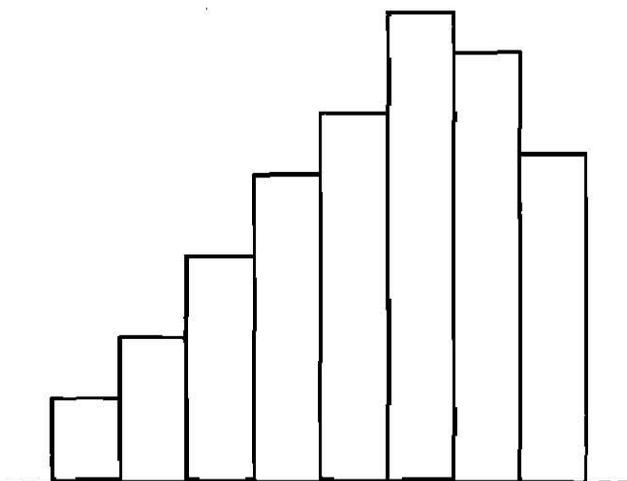
La forma denominada "normal" muestra que los valores medios tienen altas frecuencias; en tanto que los extremos las tienen bajas.

**SESGADO A LA DERECHA**

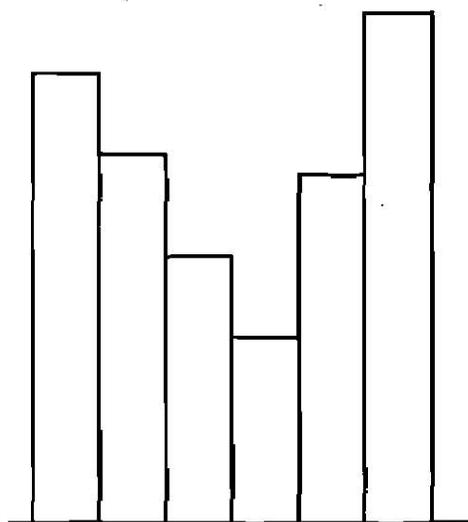


Esta forma muestra poca frecuencia hacia la derecha y mucha en los valores pequeños del otro extremo.

**SESGADO A LA IZQUIERDA**



**FORMA DE U**



Esta forma muestra un sesgo o cola hacia la izquierda, lo cual indica poca frecuencia en los valores bajos y mucha en los altos.

Esta forma señala altas frecuencia en los extremos y pocas en los valores medios.

## DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO

### Qué es le diagrama de 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.

**El diagrama causa-efecto es un gráfico que muestra la relación sistemática entre un resultado fijo y sus causas.**

El “resultado fijo” de la definición es comúnmente denominado el “efecto” el cual presenta un área de mejora: un problema que se deba resolver, un proceso o una característica de calidad. Una vez que el problema / efecto es definido, se identifican los factores que construyen a él (causas).

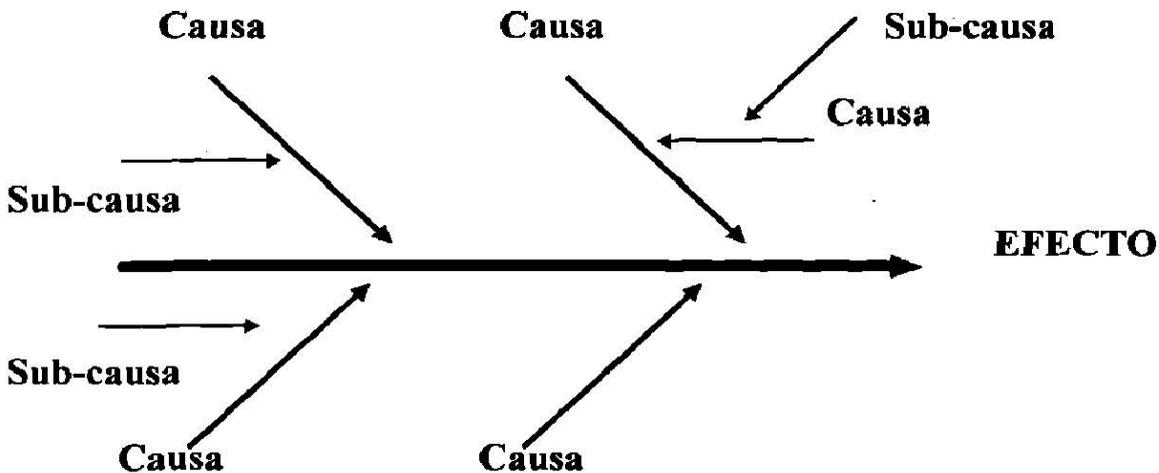
### Ejemplo:

- a) Un determinado eje de la máquina (CAUSA) puede ser responsable de que la pieza no alcance su longitud exacta (EFECTO).
- b) Las diferencias en el grado de dureza del material (EFECTO) se pueden deber a diferencias en la composición química de la materia prima (CAUSA).
- c) La falta de entrenamiento de los trabajadores (CAUSA) puede propiciar el aumento en el porcentaje de productos defectuosos (EFECTO).
- d) Un llenado incorrecto de formas de un pedido de mercancía (CAUSA) puede provocar que no llegue la mercancía al cliente (EFECTO).

En tanto que pueden existir una o varias causas del problema, probablemente hay muchas causas potenciales (subcausas) que podrían aparecer en el diagrama de causa - efecto.

La presentación que en el diagrama se da a la relación existente entre las causas / subcausas y le efecto, asume la forma de un esqueleto de pescado, razón por la cual también se le conoce con este nombre.

La estructura general del diagrama se muestra en la siguiente figura:



#### PARA QUE SIRVE EL DIAGRAMA DE CAUSA - EFECTO .

- Elaborar un diagrama de causa - efecto es una labor educativa en sí misma, en la cual se favorece el intercambio de técnicas y experiencias entre los miembros del grupo de mejora, 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 se supone la elaboración del diagrama ayuda también a determinar el tipo de datos que se deben obtener para 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 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 de causa - efecto muestra la habilidad profesional que posee el personal encargado del proceso; cuanto más alto sea el nivel, mejor será el diagrama resultante.

### ELABORACIÓN DEL DIAGRAMA CAUSA - EFECTO.

Se consideran los siguientes pasos para construir este diagrama.

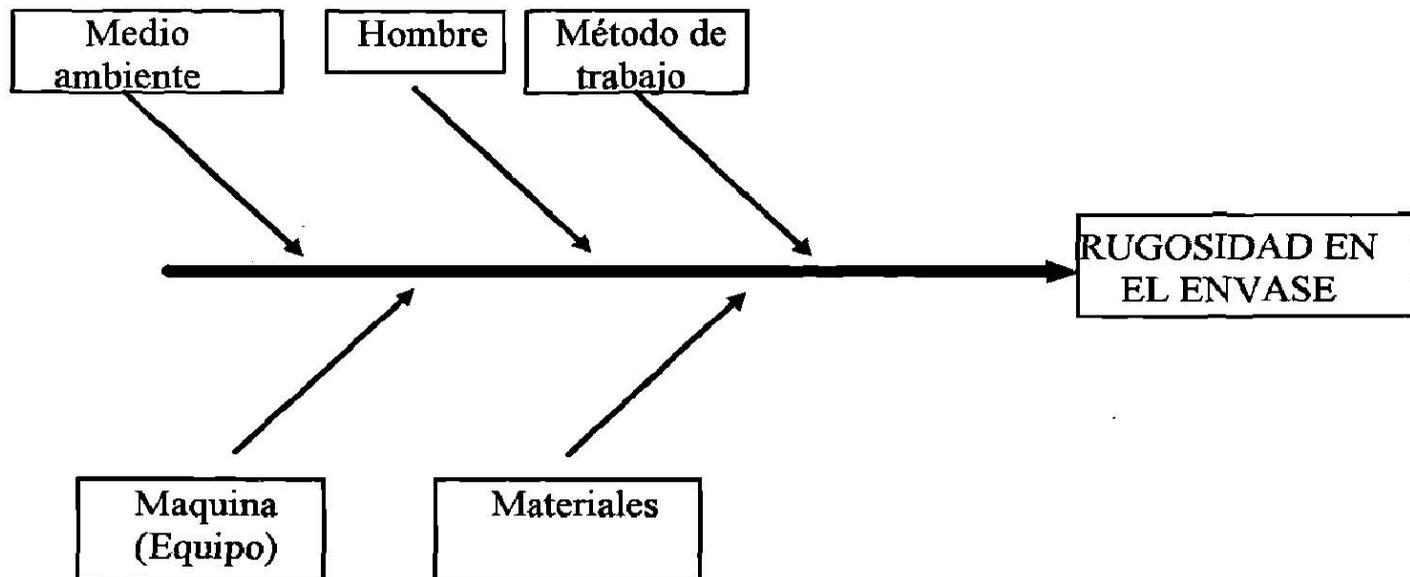
#### 1 Defina el “efecto” o resultado.

El efecto debe ser definido de un modo claro. Escriba el enunciado del efecto en una hoja grande ( 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.



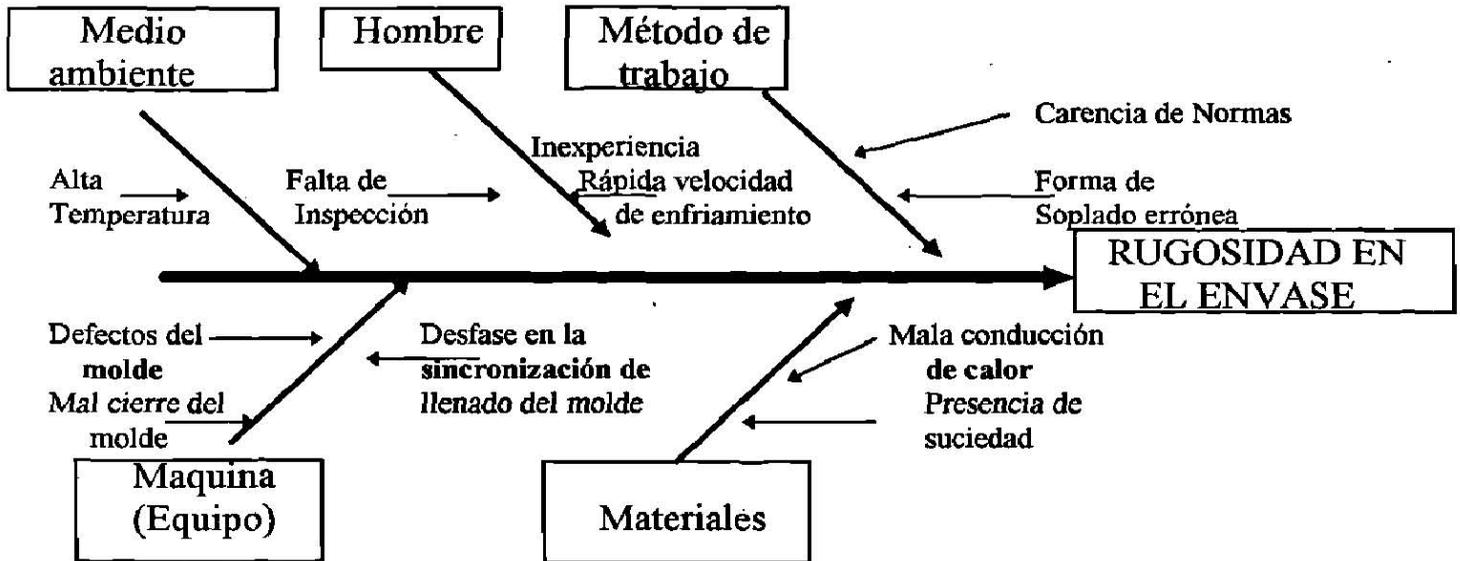
#### 2 Identifique las causas mayores.

El equipo de trabajo sesionará, mediante una “lluvia de ideas”; en primer lugar se reconocen las causas principales, que generalmente corresponden a las categorías conocidas como 4M / 1H (Material, Método, Máquina, Medio Ambiente y Hombre). pero que pueden variar dependiendo del problema o efecto que se esté analizando. Por lo general, a la fecha mayor sólo deben llegar de 4 a 8 “espinas”.



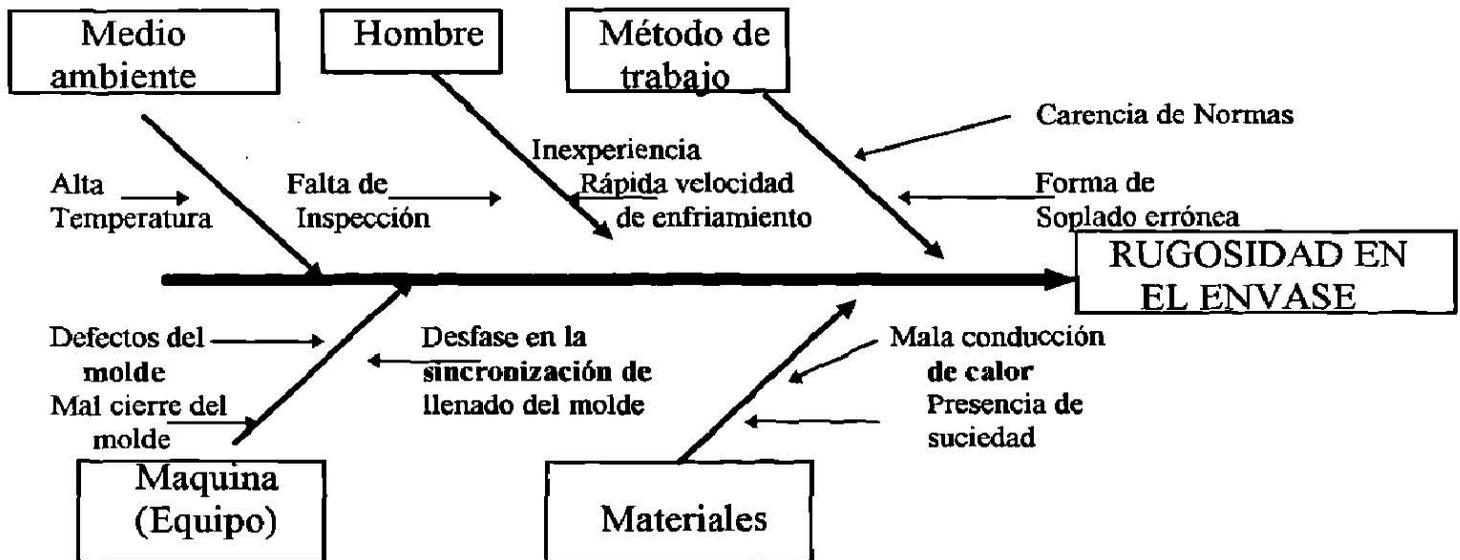
**3 Identifique causas y subcausas que contribuyen al efecto.**

Estas deben registrarse en el diagrama (las causas y subcausas constituyen las ramas o espinas de las causas mayores).



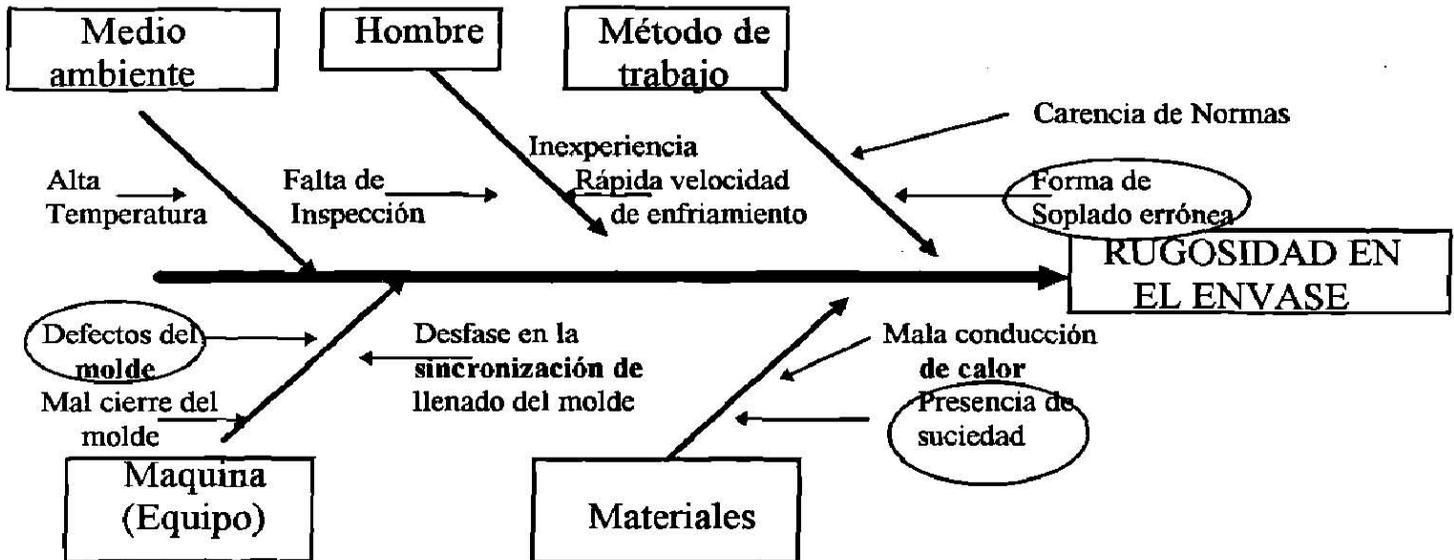
**4 Verifique las causas probables.**

Cerciórese que no se haya omitido o traslapado ninguna causa probable.



### 5 Señale y verifique las causas más probables.

Con un círculo u otra marca, señale las causas que, con base en la experiencia de los participantes, sean las más probables y verifique estas apreciaciones mediante el análisis, recolectando datos para ver si el impacto sobre el problema es significativo.



Si el impacto de las causas señaladas sobre el problema, no es significativo, se hace el mismo análisis sobre las otras causas.

*Este es un proceso iterativo: debe repetirse cuantas veces sea necesario....*

Es importante señalar que en el diagrama de 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 se pueden examinar 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.

En ocasiones se sugiere el uso de tarjetas que se reparten entre los participantes, en las cuales se anotan las causas que ellos consideren importantes; al terminar, se colocarán en el pizarrón, se agruparán por afinidad y se les definirán los encabezados; con esta información se arma el diagrama final.

## DIAGRAMA DE DISPERSIÓN

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.

La herramienta estadística apropiada en esos casos es el diagrama de dispersión.

### 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 un análisis gráfico de **datos bivariados**, es decir, los que se refieren a dos conjuntos de datos. El resultado del análisis 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.

## PARA QUE SIRVE EL DIAGRAMA DE DISPERSIÓN.

Básicamente, el diagrama de dispersión ofrece los siguientes usos:

- Indica si dos variables (o factores o bien características de calidad) están relacionadas.
- Proporciona la posibilidad de reconocer fácilmente relaciones causa/efecto.

## 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 (o).

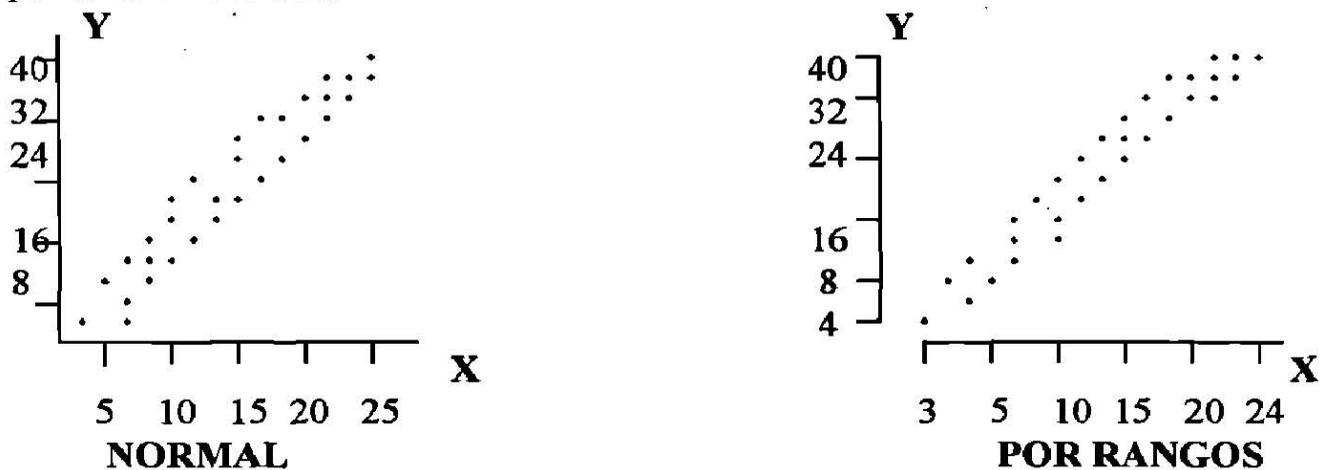
❑ **Paso 4:**  
Documentar el diagrama, incluyendo lo siguiente: fecha, nombre del departamento, personal involucrado, etc.

**Notas:**

1)  
Si los datos corresponden a un factor y una característica, se acostumbra colocar el factor en el eje horizontal (X), siendo indistinto el orden para los otros casos (característica / característica o factor / factor):



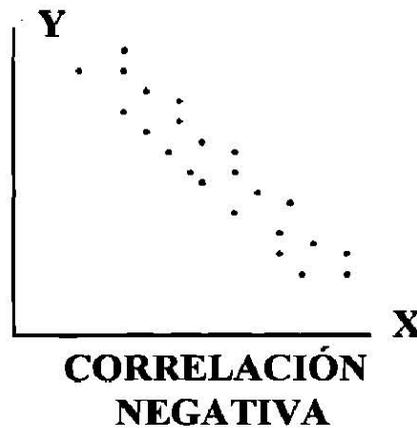
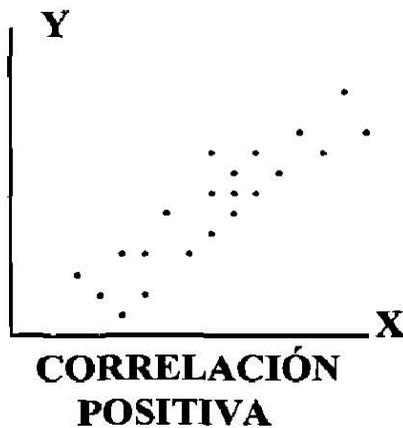
2)  
Algunos autores han señalado que se obtiene una mejor lectura del diagrama si se disponen las escalas por rangos, es decir, los ejes cubriendo sólo los rangos de valores de la tabla, y por tanto sin cruzarse.



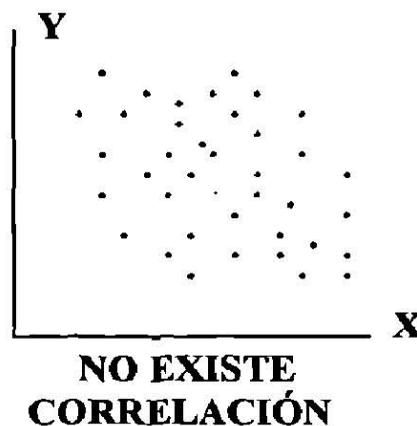
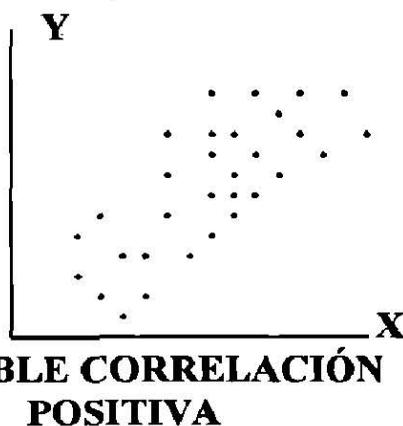
## LECTURA Y USO DEL DIAGRAMA DE DISPERSIÓN

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 denominan “**correlación positiva**” cuando a un aumento de un valor de variable X la acompaña un aumento en la otra variable; el caso inverso da lugar a la llamada “**correlación negativa**”.



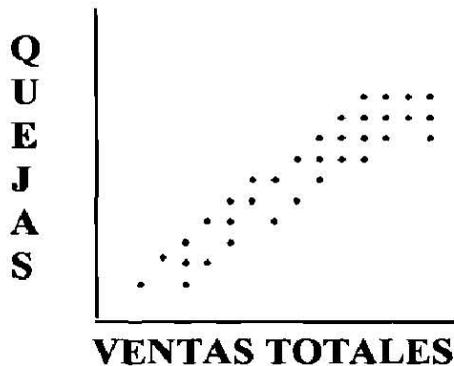
- Otros patrones generales que se pueden encontrar al graficar los datos son los siguientes: el de la izquierda indica una **posible correlación positiva**, mientras que en el de la derecha no se percibe relación alguna entre los datos, es decir, **no hay correlación**.



- 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** entre las variables.
- En 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.

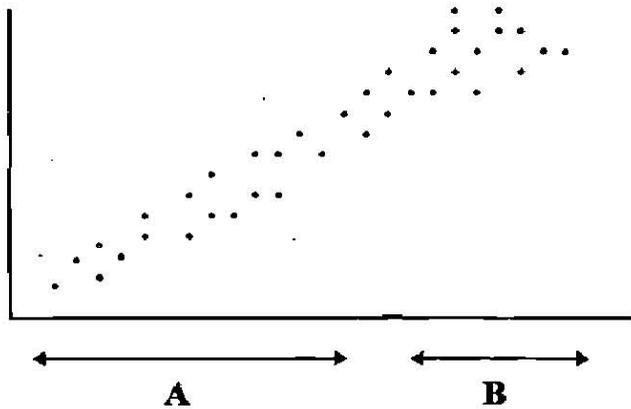
### Ejemplo 1:

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; parece ser que la relación entre estas variables no es lineal, aunque en la región central de la gráfica existe una relación lineal.

- 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 indicados por A, y una correlación de 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 correlación, de modo que **es imprescindible examinar la (aparente) relación entre las variables desde el punto de vista científico o técnico.**
- El uso del diagrama de dispersión debe completarse con las técnicas 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.

## EL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN LINEAL

El valor de un coeficiente ( $r$ ), llamado **coeficiente de correlación lineal de Pearson**, proporciona una medida del grado de relación entre dos variables, y se calcula mediante la expresión.

$$r = \frac{S(xy)}{\sqrt{S(xx) S(yy)}}$$

donde:

$$S(xx) = \sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n}$$

$$S(yy) = \sum Y_i^2 - \frac{(\sum Y_i)^2}{n}$$

$$S(xy) = \sum X_i Y_i - \frac{(\sum X_i)(\sum Y_i)}{n}$$

y “ $n$ ” es el número de parejas de datos; el término  $S(xy)$  se llama **covarianza**.

El cálculo de  $r$  utilizando esta expresión se simplifica si a la tabla de los datos se le agregan tres columnas, dos de ellas correspondientes a los cuadrados de cada variable y otra para los productos de las variables, y se obtienen los totales de todas las columnas ( $X$ ,  $Y$ ,  $XY$ ,  $X^2$  y  $Y^2$ ).

### NOTAS:

□ El valor del coeficiente de correlación satisface la siguiente relación:

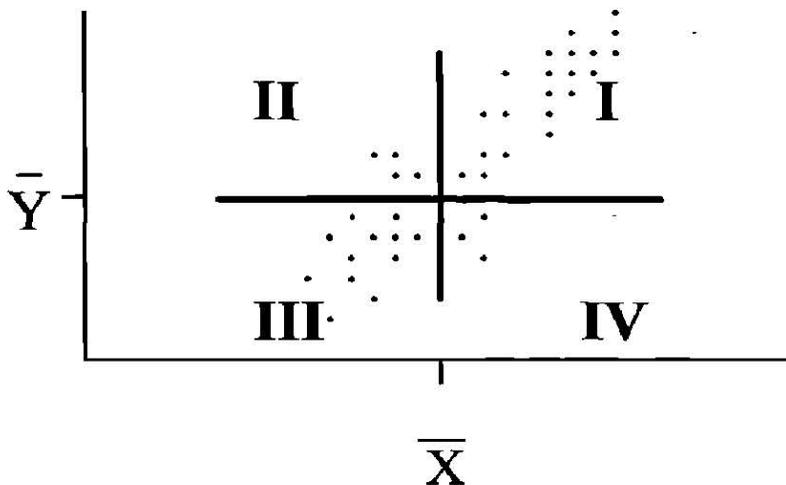
$$|r| \leq 1$$

- ❑ Si  $r = +1$  ó  $r = -1$  se tiene entonces una **correlación perfecta**, lo cual significa que todos los puntos caen sobre la línea recta.
- ❑ Un valor nulo de  $r$  ( $r = 0$ ) indicará la ausencia de relación entre las variables; entre más cercano esté el valor absoluto de  $r$  a la unidad mayor será el grado de correlación.
- ❑ El diagrama de dispersión debe acompañarse del cálculo del coeficiente de correlación, sirviendo éste último para verificar el grado de relación entre las variables, que le usuario percibe de modo cualitativo en la gráfica.

<b>COEFICIENTE DE CORRELACIÓN</b>	<b>RELACIÓN</b>
$0.8 \leq r \leq 1$	Fuerte, Positiva
$0.3 \leq r \leq 0.8$	Débil, Positiva
$-0.3 \leq r \leq 0.3$	No existe relación
$-0.8 \leq r \leq -0.3$	Débil, negativa
$-1.0 \leq r \leq -0.8$	Fuerte, negativa

## CORRELACIÓN POR MEDIANAS.

Una forma simple de calcular el coeficiente de correlación es utilizando el concepto de mediana. Si se localizan y gráficar como ejes los valores medianas de los datos, se forman 4 cuadrantes:

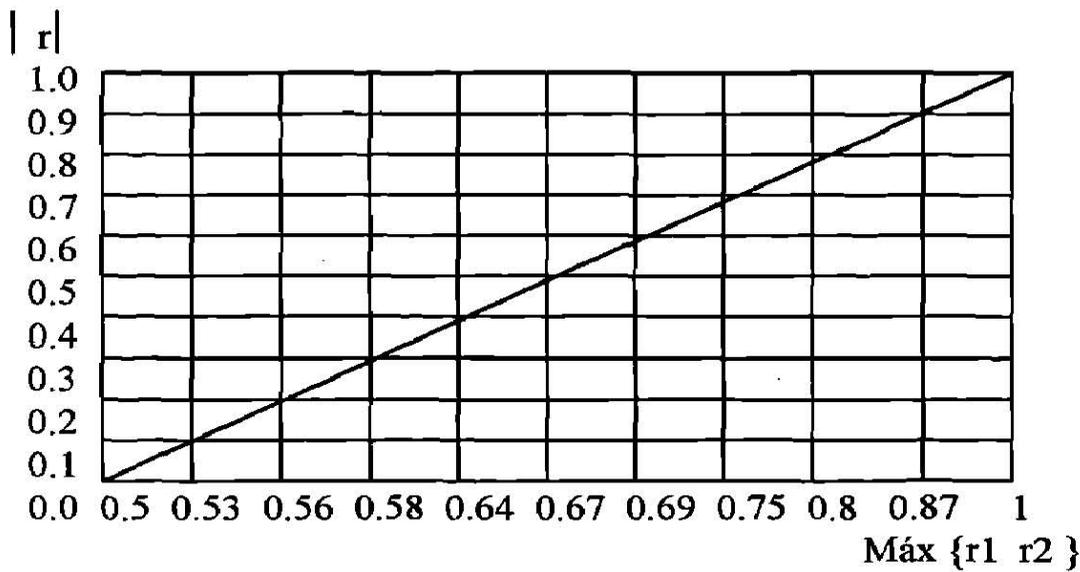


Las medianas, por definición, dividen a los conjuntos de datos en dos mitades, de modo que si queremos ver la correlación entre las variables podemos estimar la fracción de puntos que caen en las dos diagonales ( relación positiva: cuadrantes I y III; relación negativa: cuadrantes II y IV):

$$r1 = \frac{n1 + n3}{n1+n2+n3+n4} \qquad r2 = \frac{n2 + n4}{n1+n2+n3+n4}$$

donde  $n_i$  es el número de puntos contabilizados en el cuadrante  $i$  ( si un punto cae en algún eje, se descarta del conjunto total).

El valor del coeficiente de correlación se obtiene mediante el gráfico dado a continuación:



En el eje horizontal se localiza el valor  $\text{Máx } \{r_1 r_2\}$ , y en el eje vertical se lee el valor de  $r$ .

El uso del método por medianas posee dos ventajas importantes, a saber,

- Para un conjunto grande de datos, el cálculo de  $r$  es rápido.
- Los cálculos son muy elementales.

La desventaja de este método es que el valor obtenido de  $r$  es aproximado, y el usuario que desee exactitud completa en sus estudios tiene que utilizar el enfoque presentado antes.

## LA ECUACIÓN DE REGRESIÓN LINEAL.

El análisis de regresión lineal es la técnica utilizada para determinar modelos matemáticos del comportamiento y relación de dos o más variables interrelacionadas. En el presente caso dedicaremos la atención al problema más sencillo, que es el de determinar la ecuación que describe en forma adecuada la relación entre dos variables, suponiendo que tal relación es lineal ( el diagrama de dispersión sirve de buen comienzo para verificar esta hipótesis, los puntos seguirán más o menos una recta).

El modelo que se busca corresponde a la ecuación de la “mejor” línea recta que pasa a través de los puntos. Tal ecuación, denominada **ecuación de regresión de mínimos cuadrados**, es , en términos de las variables X y Y, la siguiente:

$$Y = a + bX$$

donde los números reales “a” y “b” están dados por las siguientes expresiones:

$$b = \frac{n \sum X_i Y_i - (\sum X_i) (\sum Y_i)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$a = \frac{\sum Y_i - b \sum X_i}{n}$$

La ecuación de regresión se utiliza para estimar valores de la variable dependiente, “Y”, pero cabe advertir que el rango de la variable independiente, “X”, debe ser el mismo de los datos reales. Se suele agregar a la tabla de los datos columnas para los cálculos de los productos de las variables ( $X_i Y_i$ ) y para los cuadrados de X ( $X_i^2$ ). Los totales de todas las columnas, junto con “n”, el número de puntos, se usan en las expresiones dadas.

## LA TABLA DE CORRELACIÓN.

La tabla de correlación es una variante del diagrama de dispersión, y su construcción y uso en la línea de producción puede ser actividades más sencillas para los operarios. La tabla es de hecho una distribución de frecuencias de dos dimensiones - una para cada variable-. Así, su elaboración consiste en dividir en clases los datos de X y de Y. Al disponer estas clases en forma de tabla, digamos las clases de X son las columnas, y las de Y son los renglones, se forman celdas en las intersecciones. A cada una de las celdas se le van asignando "tallos y ramas", de acuerdo a los datos que correspondan a esa celda.

## ESTRATIFICACIÓN

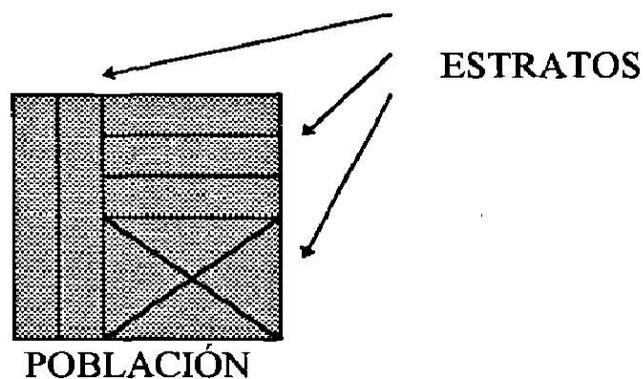
El análisis de información puede dificultarse si no se ha hecho una organización previa de ésta. Por ejemplo, no es lo mismo analizar un conjunto de datos generales sobre productividad y tomar decisiones sobre ello, que hacerlo por departamento o por máquinas.

En aspectos de Control Total de Calidad, cuando se investiga la causa de una falla o la variación excesiva que se presenta en un proceso, se tiene a veces la necesidad de examinar los datos mediante una agrupación de éstos ya sea por tipo de producto, tipo de material, tipo de equipo, método de trabajo o empleado.

La herramienta estadística que contribuye a la solución de este problema es la estratificación.

### ¿ QUE ES Y PARA QUE SIRVE LA ESTRATIFICACIÓN ?

La estratificación es una clasificación, por afinidad, de los elementos de una población, para analizarlos y poder determinar con más facilidad las causas del comportamiento de alguna característica de calidad. A cada una de las partes de esta clasificación se la llama estrato.



Se puede estratificar los datos que se recojan para hacer un análisis detallado a través de herramientas estadísticas como el diagrama de Pareto, el diagrama de causa - efectos, el diagrama de dispersión, las hojas de verificación y las gráficas de control.

Como las características de calidad están siempre acompañadas por alguna variación, las causas de ésta se detectan más fácilmente cuando los datos se estratifican de acuerdo con los factores de control, es decir, aquellos que se piensa son la principal causa de esa variación.

**La estratificación tiene una gran utilidad:**

- Sirve para identificar la causa que tiene mayor influencia en la variación.
- Permite examinar de manera detallada la estructura de un grupo de datos, lo cual 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 diferentes estrados, y tomar medidas contra la diferencia que pueda existir.

**La Estratificación se utiliza para clasificar  
datos e identificar su estructura y  
afinidad.**

## **COMO ESTRATIFICAR.**

La estratificación generalmente se hace partiendo de la clasificación de los factores que inciden en un proceso o en un servicio (4M/1H: Máquina, Método, Material, Medio Ambiente y Hombre), y los estrados que se utilicen dependerán de la situación analizada.

Algunos **ejemplos** que podrían ser aplicables a nuestra empresa son los siguientes:

**Hombre:**  
 Capacitación: capacitado, no capacitado  
 Experiencia: sin experiencia, menos de 1 año, de 1 a 3 años....  
 Edad: menos de 20 años, de 20 a 30, de 30 a 50, más de 50....  
 Sexo: hombres, mujeres  
 Estado civil: soltero, casado, separado.....  
 Origen: local, foráneo...  
 Grupos, individuos, equipos de trabajo: A, B, C...

**Maquinaria/  
Equipo**  
 Modelo: A, B, C...  
 Tipo de máquina: automática - semiautomática  
 Uso diario: menos de 1 hora, de 1 a 5 horas, más de 5 horas...  
 Productividad: capacidad, % de desperdicio, ...  
 Mantenimiento: diario, quincenal, mensual...  
 Seguridad: buena, regular, mala  
 Edad, tamaño y línea.

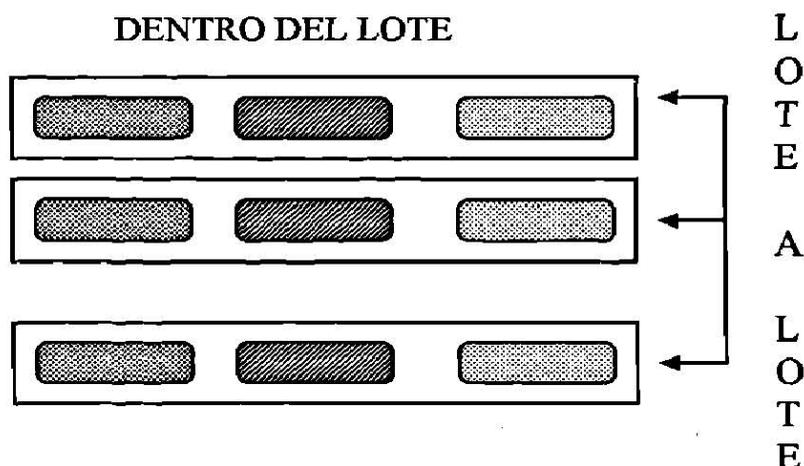
**Método:**  
 Procedimiento de trabajo: Normal, eventual.  
 Velocidad de las líneas de producción: Estándar, con sobrecarga, ....  
 Frecuencia de la rotación de personal: semanal, quincenal, mensual...  
 Programación de la producción: por pedido. por lotes, por tiempos de entrega...  
 Tipo de almacenamiento: A, B  
 Manipulación de datos: manual, computarizada  
 Seguridad: método A, B, C...

**Materia prima/  
Producto:**  
 Proveedores: A, B, C...  
 Desempeño de materiales: MP1, MPZ, CX11..  
 Tipo de producto: producto AA, producto B12, producto M24...  
 Tipo de presentación: sencillo, clase especial, austero, sostificado....

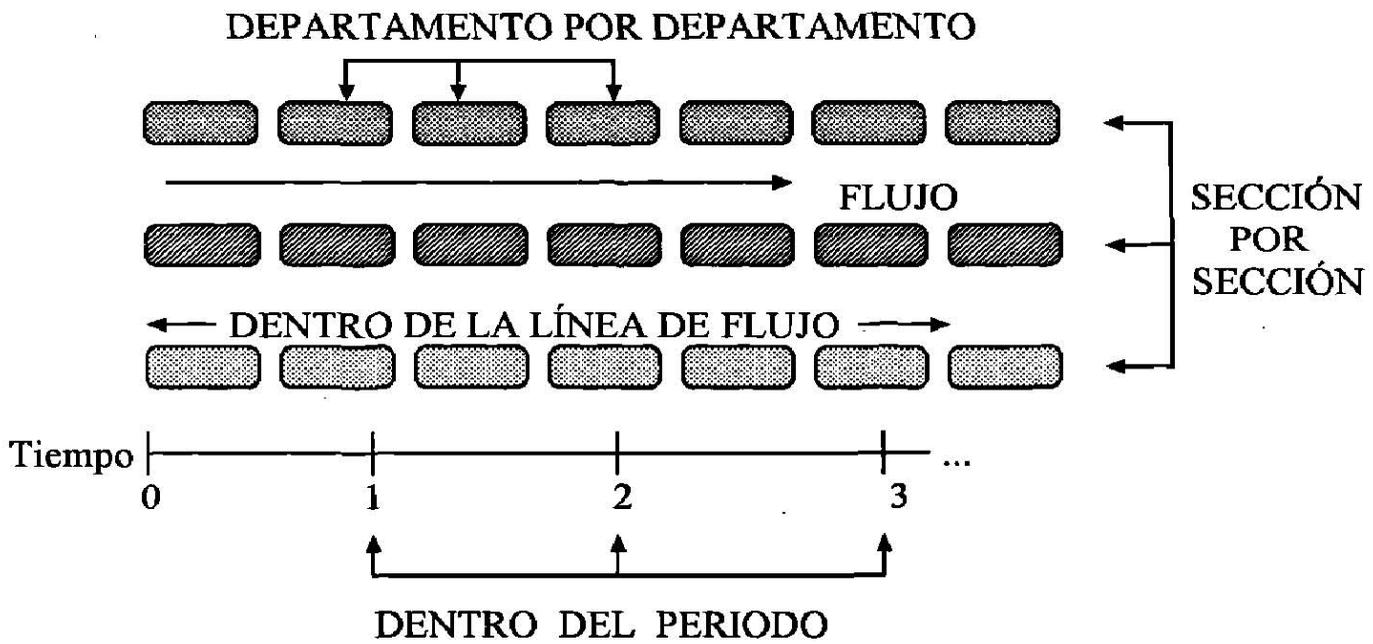
<b>Medio ambiente:</b>	Adecuación de las instalaciones: iluminación, sonido, ventilación, áreas espaciales, ... Época: invierno, verano... Calidad del aire: corrosivo, húmedo, seco, ... Entorno ecológico: preocupación por la ecología, pocas restricciones de contaminación, ... Entorno económico: sector comercial, sector popular, ...
<b>Otros:</b>	Nuevo producto vs. producto anterior, forma de empaque y de transporte, producción por lotes vs. producción continua, ....

## ESTRATIFICACIÓN POR LOTES.

La colección de productos conocidas como "lotes" resultan comúnmente de numerosos arreglos de variables. La variabilidad de las características de calidad de interés puede detectarse dentro de un mismo lote o bien entre lotes:



Otros criterios para realizar la estratificación se basan en la consideración de que a veces los lotes son el resultado de la convergencia de varias líneas de flujo del proceso. Estas líneas difieren una de otra debido a que están siendo procesadas por diferentes lotes de materia prima, por diferentes operarios, etc. 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.



**EJEMPLO :**

Se especifica que el número de encuestas diarias que debe hacer una empleada de una agencia de mercadotecnia es de al menos 92. Se tienen tres empleadas (A, B y C), y se tomó una muestra de 23 mediciones proviniendo ocho de la empleada A, seis de la empleada B, y nueve de la empleada C.

Los datos que se obtuvieron son los siguientes:

60	75	80	125	65
150	115	120	100	95
60	80	80	55	110
75	90	55	90	
105	95	80	100	

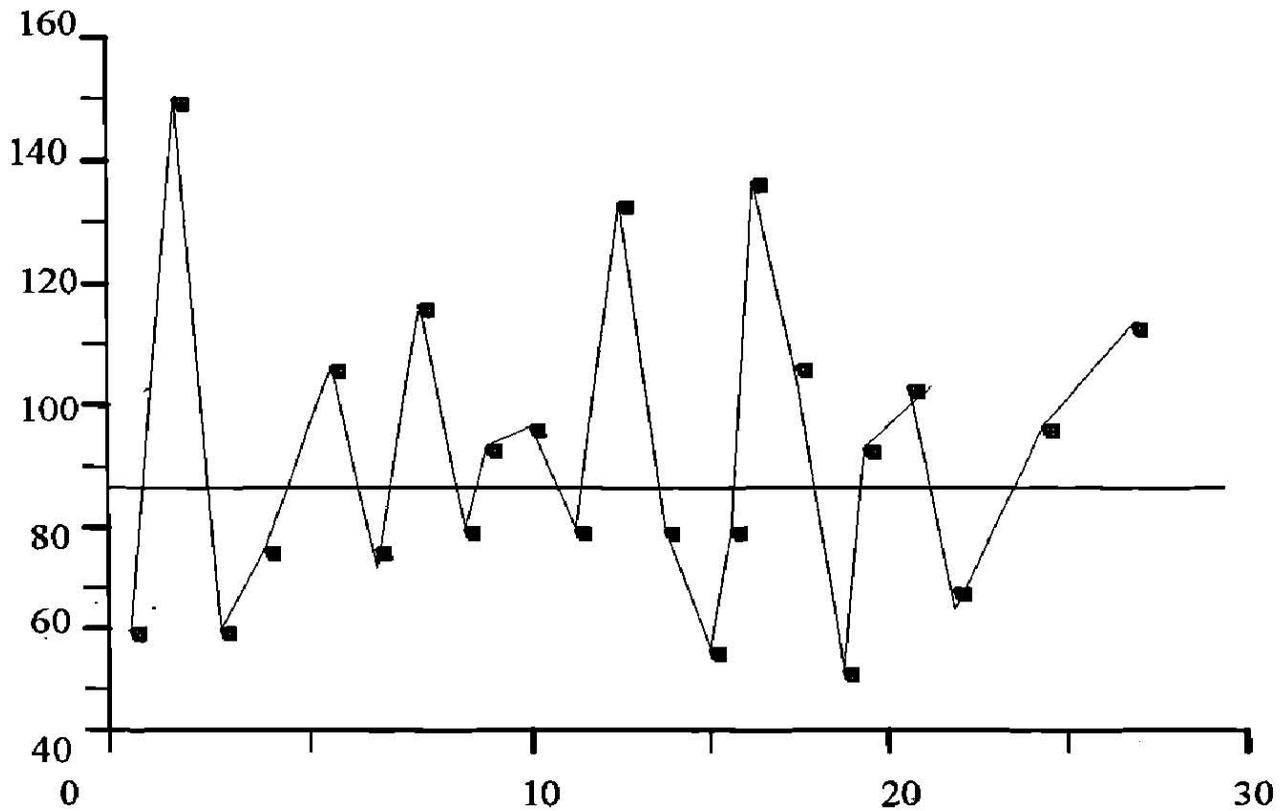
Si calculamos la media de estos 23 datos obtenemos:

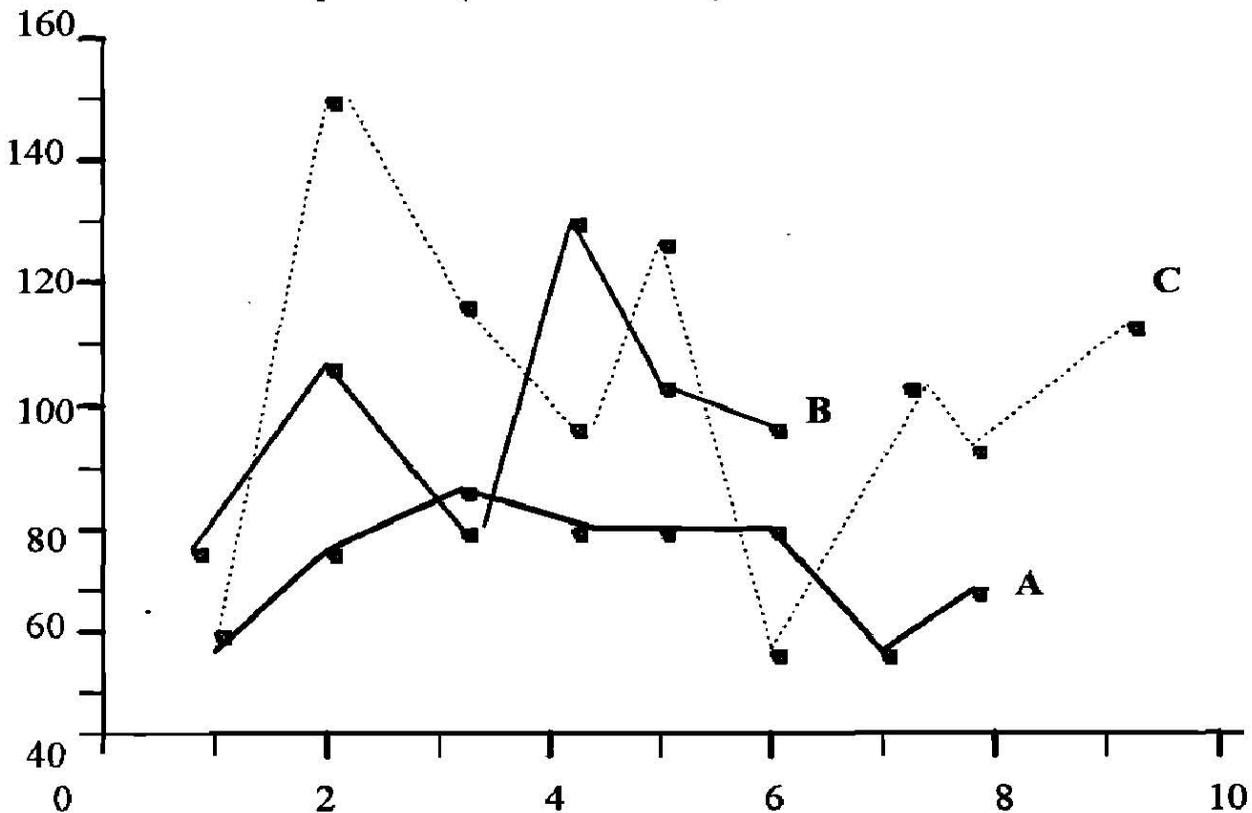
$$\bar{X} = \frac{60 + 150 + \dots + 110}{23} = 89.57$$

La dispersión esta indicada por el rango  $R = 95$ .

Estratificando los datos conforme a la empleada de la cual fueron tomadas se obtiene:

EMPLEADA	ENCUESTAS	$\bar{X}$	R
A	60, 75, 90, 80, 80, 80, 55, 65	73.13	35
B	75, 105, 80, 125, 100, 95	96.67	50
C	60, 150, 115, 95, 120, 55, 100, 90, 110	99.44	95



**Gráfica de las tres empleadas (sin estratificar).****Gráfica para cada de las tres empleadas (utilizando la estratificación).**

Observando las figuras notamos lo siguiente:

Al considerar los 23 datos se obtiene un número promedio de encuestas por debajo de lo especificado, puesto que  $\bar{x} = 89.57$  y la especificación es de 92; además, el rango de estos 23 datos es grande:  $R = 95$  (alta variabilidad).

Los datos tomados de la empleada A tienen poca variabilidad,  $RA = 35$ ; pero su media es más baja que la especificada:  $\bar{x}_A = 73.13$ .

Los datos tomados de la empleada B tienen un promedio dentro de lo especificado,  $\bar{x}_B = 96.67$ ; su variabilidad es menor que la de todos los datos pero mayor que la variabilidad que proviene de A ( $RB = 50$ ).

La empleada C es la que presenta el mejor promedio  $\bar{x}_C = 99.44$ , pero con una gran variabilidad:  $RC = 95$ .

Como resultado de haber estratificado los datos, nos damos cuenta de que los datos tomados de la empleada A son los que presentan menor variabilidad ( $RA = 35\%$ ), y los datos de la empleada C son los que tienen mayor media ( $\bar{X}_C = 99.44\%$ ). Esto puede sugerir que debemos estudiar las causas que hacen posible que la empresa C obtenga un buen promedio, y también detectar las causas que permiten la poca variabilidad de la empleada A.

Detectadas estas causas, deben efectuarse los cambios necesarios en los procesos involucrados en las tres empleadas, buscando que el promedio de las tres al menos sea 99.44% (como en A).

El resultado de estos cambios debe ser tal que, si se vuelve a estratificar al tomar otra muestra, no deberían encontrarse diferencias significativas en los promedios y la variabilidad al tomar los datos conjuntamente y son estratificados.

## GRÁFICAS DE CONTROL

### CONCEPTOS BÁSICOS DE ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVA.

Al usar las gráficas de control es necesario estar familiarizado con ciertos conceptos básicos de la estadística referentes a los datos que se tengan. Dados unos datos, es posible calcular para ellos ciertas medidas de tendencia central y algunas de dispersión. Con el fin de facilitar la aplicación e interpretación de las gráficas de control, presentamos a continuación un resumen sobre estos importantes aspectos.

#### Las medidas de tendencia central.

##### 1) La media:

Cuando tenemos un conjunto de datos sobre un mismo asunto, en forma natural los agrupamos en torno a un dato central, que en algunas forma representa al conjunto; o sea, hay cifras menores y mayores que el dato central, pero éste los representa a todos. Una forma de definir este dato central es sacar el promedio de todos los datos en conjunto, el cual se conoce como **media aritmética, media o promedio**. Denotaremos a la media con el símbolo  $\bar{x}$ .

**Media aritmética, media o promedio ( $\bar{x}$ ) es el resultado de sumar los datos y de dividir esta suma entre el número de datos sumados.**

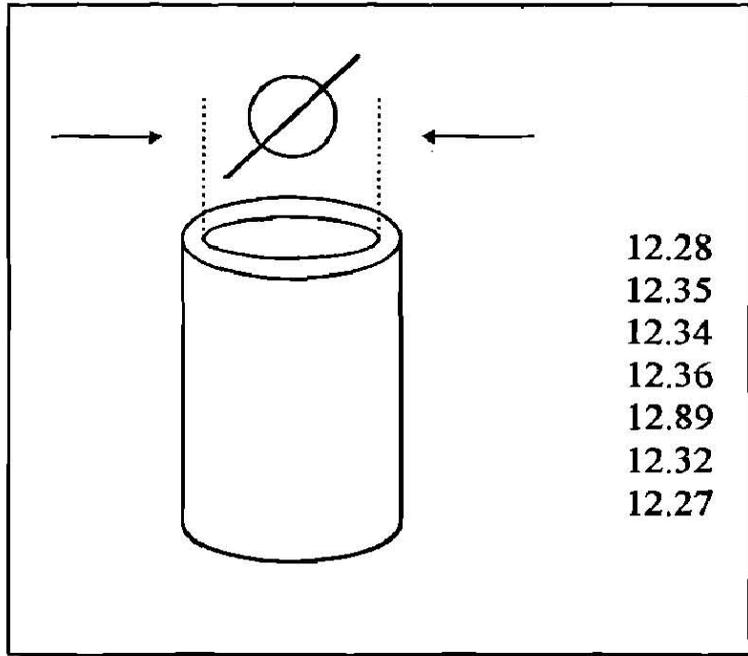
Es decir, si los datos de edad de 10 trabajadores son 50, 40, 35, 51, 32, 45, 25, 33, 48, 39, la media de ellos será:

$$\bar{x} = \frac{50 + 40 + 35 + 51 + 32 + 45 + 25 + 33 + 48 + 39}{10} = \frac{401}{10} = 40$$

Se dice entonces que la edad representativa de cada trabajador es de 40 años.

## 2) Mediana:

A veces, el cálculo de la media aritmética de algunos datos no proporciona un número representativo de ellos. Consideremos las siguientes mediciones de siete diámetros internos de un tubo:



Si calculamos la media de estos datos, obtenemos el número 12.40. Es fácil darse cuenta que esta cantidad no presenta adecuadamente los datos, puesto que ninguno de ellos es del orden 12.40. Es decir, existe mucha diferencia entre cada dato y la media.

Ante este hecho, podemos definir una medida alternativa de tendencia central, que denominaremos la mediana, y la representaremos con el símbolo  $\bar{x}$ . A diferencia de la media, la consideración para estimar la mediana de los datos es geométrica. Para determinar la mediana, se ordenan los datos (no importa el ordenamiento; sea ascendente o descendente), y se localiza el dato central (si el número de datos es par, existirán dos datos centrales, la mediana será la media de ellos). Aplicando esta definición a los datos del ejemplo anterior, podemos ver que la mediana es 12.34. Esto significa que cada medición (o al menos la mayor parte de las mediciones) es del orden de 12.34.

La mediana posee dos propiedades que la hacen interesante. Una de ellas es que es insensible a valores extremos de la variable (por ejemplo, el dato 12.89 de arriba). La otra es que su determinación es muy sencilla.

## Medidas de dispersión.

Para tener una idea exacta de la forma como se relacionan entre sí los datos de un conjunto, no es suficiente identificar su tendencia central; es necesario, además, examinar qué tanto difieren entre sí, esto es, qué grado de dispersión existe entre ellos. Por eso, se establecen indicadores cuantitativos de la variación de los datos. Tales indicadores se conocen como **medidas de dispersión**.

Para ilustrar la conveniencia del uso de las medidas de dispersión, considérese la siguiente situación:

En dos semanas se registró el número de camiones de descarga de desechos que revisan por día dos inspectores, y se obtuvieron los siguientes datos:

Inspector A            5, 5, 6, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 8, 8, 8

Inspector B            3, 3, 3, 5, 5, 6, 8, 9, 10, 10, 10, 10

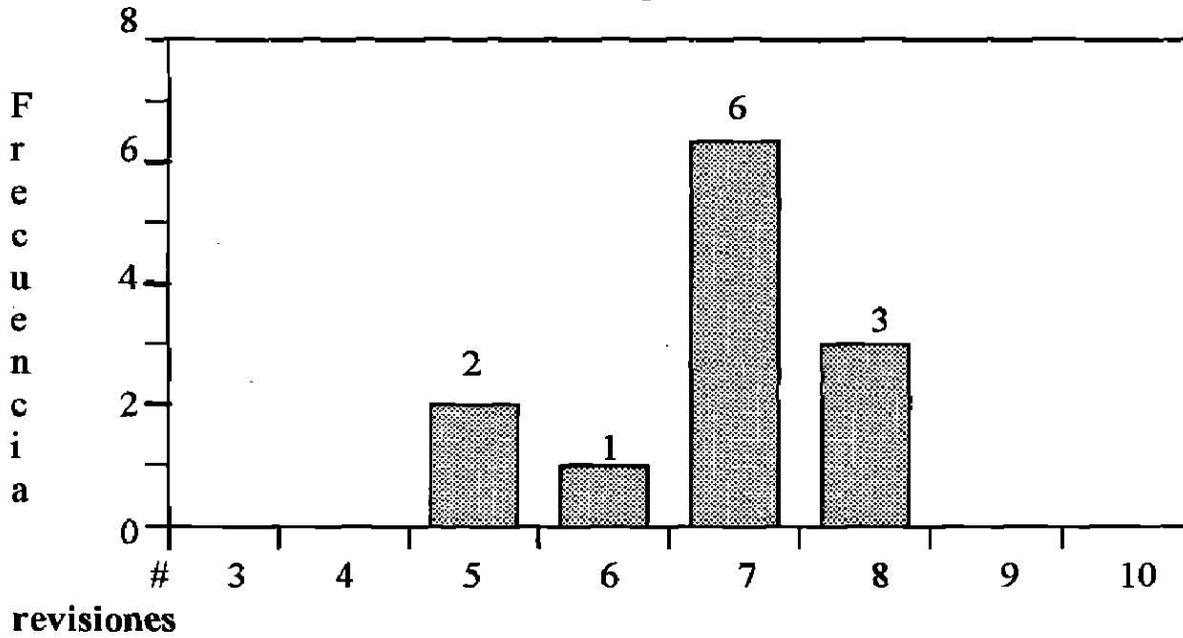
Calculemos la media aritmética para cada inspector:

Para el A, tenemos que  $\bar{x} = 6.833$

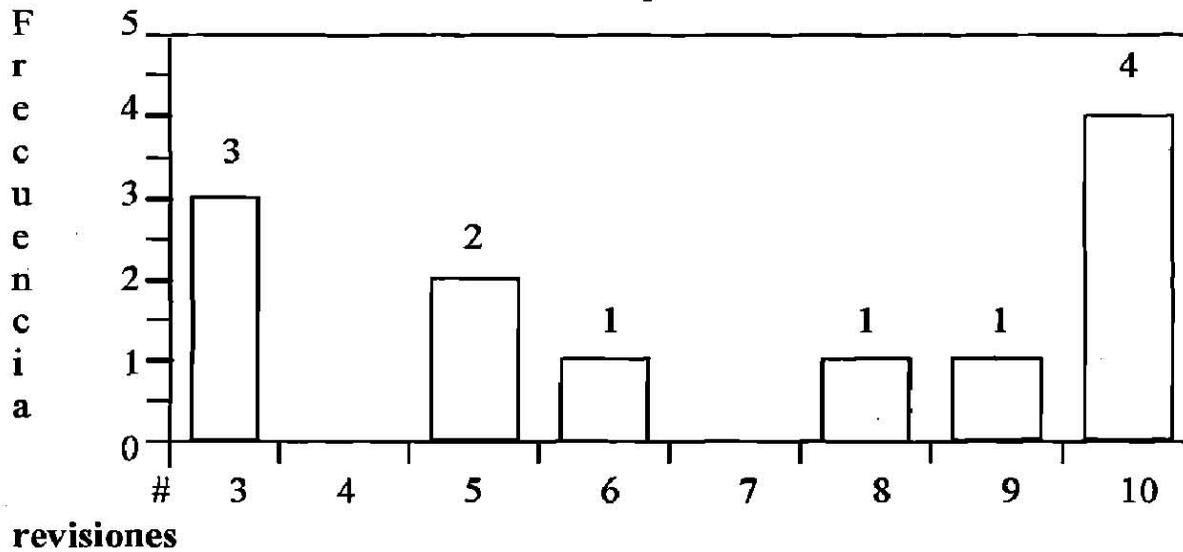
Para el B, tenemos que  $\bar{x} = 6.833$

Para los dos inspectores las medias son iguales. Si alguien desconociera las revisiones individuales de estos dos inspectores y solamente supiera que ambos tienen la misma aritmética, podría pensar que el trabajo del inspector "A" y del inspector "B" son muy semejantes y, quizá, iguales. Sin embargo, mediante las siguientes gráficas de barras se pueden verificar que el comportamiento de los datos inspectores es distinto.

Inspector A



Inspector B



Resulta claro, entonces, que conocer la media aritmética de una colección de datos es muy útil; pero esta medida de tendencia central nada nos dice respecto de la forma como varían los datos. Obtenemos esta información cuando además de su tendencia central, medimos la **dispersión**.

Las medidas de dispersión mas comunes para un conjunto de datos son:

- 1) el rango,
- 2) la varianza,
- 3) y la desviación estándar.

### 1) Rango:

El **rango** es simplemente la diferencia entre el dato mayor (M) y el dato (m).

$$R = M - m$$

Para el caso de los inspectores el "A" tiene un rango de 3 y el "B" uno de 7.

El rango da únicamente la amplitud dentro de la cual se encuentra la totalidad de los datos, mas no tiene en cuenta ni el promedio de los datos ni la variación que tienen estos con respecto a dicho promedio. Por eso son necesarias otras medidas de dispersión. Estas son la **varianza** y la **desviación estándar**.

### 2) Varianza ( S<sup>2</sup>)

La **varianza** es la medida de dispersión que proporciona el promedio de desviación de un conjunto de datos con respecto a un valor central. El valor central es generalmente la media. Sean X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub>,..., X<sub>n</sub> "n" datos (la cantidad de datos. "n", se supone pequeña, por provenir de una muestra) y  $\bar{x}$  su media aritmética. La **varianza** de estos datos, está dad por

$$S^2 = \frac{(X_1 - \bar{x})^2 + (X_2 - \bar{x})^2 + \dots + (X_n - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Si aplicamos la fórmula anterior al ejemplo de los inspectores, tenemos lo siguiente:

Para el "A", los datos son: 5, 5, 6, 7, 7, 7, 7, 7, 8, 8, 8

Sustituyendo en la fórmula obtenemos:

$$S^2 = \frac{(5 - 6.833)^2 + (5 - 6.833)^2 + \dots + (8 - 6.833)^2}{12 - 1}$$

$$S^2 = 1.06061$$

Para el "B", los datos son: 3, 3, 3, 5, 5, 6, 8, 9, 10, 10, 10, 10

$$S^2 = \frac{(3 - 6.833)^2 + (3 - 6.833)^2 + \dots + (10 - 6.833)^2}{12 - 1}$$

$$S^2 = 8.8788$$

Esto cual significa que el segundo inspector (B) tiene mayor variación que el (A).

### 3) Desviación estándar (S)

La **varianza** tiene el inconveniente de que expresa la desviación de los datos en una cantidad que está elevada al cuadrado. Sacar la raíz cuadrada equivalente a obtener la **desviación estándar**.

**La desviación estándar es la raíz cuadrada de la varianza.**

Para obtenerla se emplea la siguiente fórmula:

$$S = \sqrt{S^2}$$

$$S = \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{x})^2 + (X_2 - \bar{x})^2 + \dots + (X_n - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Aplicando la fórmula anterior a nuestro ejemplo de los inspectores tenemos lo siguiente:

Para el A:

$$S^2 = 1.06061$$

$$S = \sqrt{1.06061}$$

$$S = 1.02986 \text{ revisiones / día}$$

Para el B:

$$S^2 = 8.8788$$

$$S = \sqrt{8.8788}$$

$$S = 2.97973 \text{ revisiones / día}$$

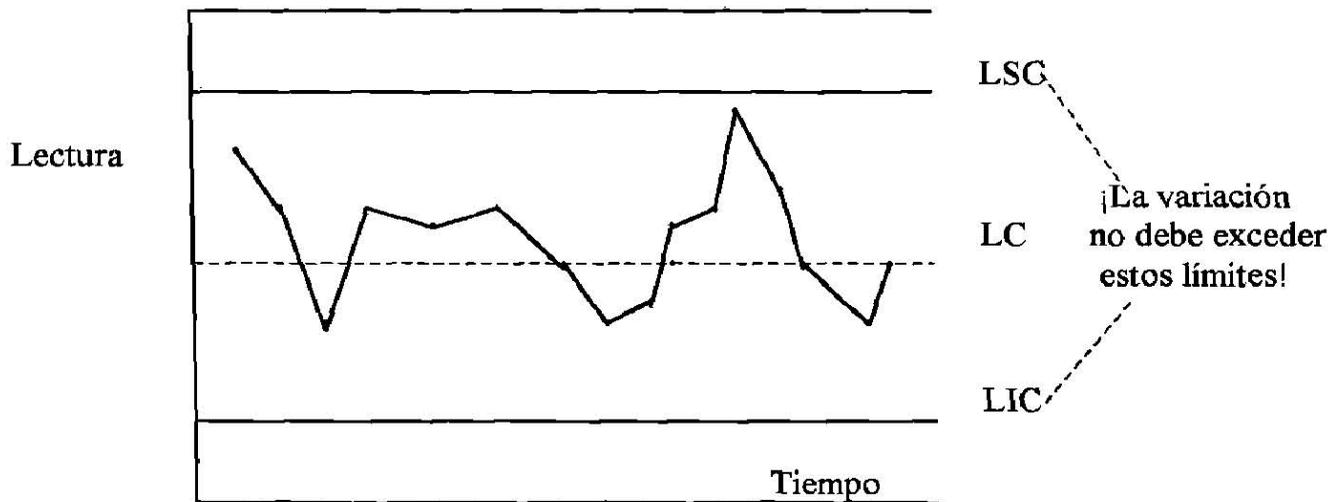
### QUÉ ES LA GRÁFICA DE CONTROL:

La **gráfica de control** es un diagrama que sirve para examinar si un proceso se encuentra en una condición estable, o para asegurar que se mantenga en esta condición. En estadística, se dice que un proceso es estable ( o está en control ) cuando las únicas causas de variación presentes son las de tipo aleatorio. En esta condición, se pueden realizar inferencias con respecto a la salida del proceso, esto es, a la característica de calidad que se esté midiendo. En cambio, la presencia de causas especiales o asignables hace que el proceso se desestabilice, impidiendo la predicción de su comportamiento futuro.

Con base en la información obtenida en intervalos determinados de tiempo, las gráficas de control definen un intervalo de confianza; si un proceso es estadísticamente estable, el 99.73% de la veces el resultado se mantendrá dentro de este intervalo.

La estructura de las gráficas contiene una “línea central” (LC), una línea superior que marca el “límite superior de control” (LSC), y una línea inferior que marca el “límite inferior de control” (LIC). Los puntos contienen información sobre las lecturas hechas; pueden ser promedios de grupos de lecturas, o sus rangos, o bien las lecturas individuales mismas. Los límites de control marcan el intervalo de confianza en el cual se espera que caigan los puntos.

Aunque existen diversos tipos de gráficas de control, todas presentan una estructura similar, como se muestra en la siguiente figura:



Las lecturas se hacen a partir de muestras por periodo, y los intervalos de tiempo son generalmente iguales, por ejemplo, por media hora, por hora, por día, etc.

Una gráfica de control ofrece varias ventajas:

- Sirve para determinar el estado de control de un proceso.
- Diagnostica el comportamiento de un proceso en el tiempo.
- Indica si un proceso ha mejorado o empeorado.
- Permite identificar las dos fuentes de variación de un proceso: causas comunes y causas especiales o asignables (ver abajo).
- Sirve como una herramienta de detección de problemas.

## LAS CAUSAS DE VARIACIÓN

### Causas asignables:

(o especiales) Son los factores esporádicos que desestabilizan el sistema. Su identificación es inmediata y fácil.

### Causas comunes:

(o naturales) Son los factores que afectan en poco en la variabilidad del sistema. Su presencia es aleatoria, y no son de fácil detección. Generalmente están relacionadas con aspectos administrativos.

### Consideraciones previas:

Antes de establecer una gráfica de control, es necesario definir con claridad los siguientes puntos: el **propósito** de la gráfica, el **aspecto** que se va a considerar, y la **unidad** de donde se va a tomar la muestra.

Puede ser **propósitos** para la elaboración de una gráfica, entre otros, los siguientes:

- Obtener información para establecer o cambiar estándares.
- Obtener información para establecer o cambiar procedimientos.
- Tener un criterio para decidir si conviene investigar causas de variación del proceso.

La **variable** a considerar debe ser siempre algo que pueda ser cuantificado (medido o contado): tiempo, temperatura del lugar, humedad; o bien, el número de partes calificados con *para / no pasa*.

Con respecto al **tamaño** de la muestra, es conveniente que los subgrupos se formen de acuerdo con el tipo de gráfica, el volumen de producción, el tiempo, etc. Por ejemplo, para una gráfica de promedios y rango gráfica de promedios y rangos, el Dr. Shewhart sugirió la elección de 4 elementos para cada subgrupo, tomados en periodos que van entre media hora y dos horas; sin embargo, parece ser que es mejor que los grupos se formen con 5 elementos consecutivos. Con menos de 5 elementos, la gráficas pierde sensibilidad con respecto a la detección de problemas, mientras que con más de 5 se obtiene muy poca información adicional.

**Tipos de gráficas de control:**

Las gráficas de control se elaboran según el tipo de datos que se recojan en el sitio de trabajo. Como vimos en el Capítulo 1, los datos que se recopilan en el trabajo pueden ser de dos clases:

- : dimensiones, pesos, temperatura, .... , y
- : número de errores, número de accidentes, número de defectos....

Las **gráficas de control para variables** ( datos medibles ) más frecuentemente utilizadas son las siguientes:

<b>Gráficas <math>\bar{x}</math> - R</b>	Promedios y rangos.
<b>Gráficas <math>\bar{x}</math> - R</b>	Promedios y desviación estándar.
<b>Gráficas <math>\bar{x}</math> - R</b>	Medianas y rangos.
<b>Gráficas X - R</b>	Lectura individuales y rangos.

Las **gráficas de control por atributos** (datos contables) más frecuentemente utilizadas son las siguientes:

<b>Gráficas p</b>	Porcentaje de unidades, trabajos o procesos defectuosos.
<b>Gráficas np</b>	Número de unidades, trabajos o procesos defectuosos.
<b>Gráficas c</b>	Número de defectos por área de oportunidad.
<b>Gráficas u</b>	Porcentaje de defectos área de oportunidad.

## GRÁFICAS DE CONTROL PARA VARIABLES:

### 1) Gráficas $\bar{x}$ - R, de promedios y rangos

La construcción de una gráfica de promedios y rangos resulta de la presentación simultánea; esto es, formando una unidad, tanto de la gráfica de promedios como la de rangos de los grupos de mediciones que se tengan. Consta, pues, de dos secciones: la de la parte superior, que se dedica a los promedios, y la de la parte inferior, que se dedica a los rangos. En el eje vertical, se establece las escalas respectivas; en la parte superior, para las magnitudes de los promedios, y en la parte inferior, para las de los rangos. Abajo, a lo largo del eje horizontal, se numeran las muestras.

El procedimiento para elaborar la gráfica de promedios y rangos se ofrece a continuación; es importante mencionar que la construcción de la gráfica  $\bar{x}$  - R se inicia con la parte correspondiente a los rangos, pues la gráfica de promedios está en función del valor del rango medio. Si los rangos no muestran estabilidad, entonces el valor  $\bar{R}$  que se utilice en los cálculos de la gráfica de promedios no será confiable.

**Paso 1:**

Calcule el promedio y rango de cada uno de los "K" subgrupos.

**Paso 2:**

**Gráficas de rangos:** En el cálculo para el rango promedio y los límites de control para los rangos se utilizan las siguientes fórmulas:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^K R_i}{K} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_k}{K}$$

$$LICr = D_3 \bar{R}$$

$$LSCr = D_4 \bar{R}$$

donde  $\bar{R}$  es el promedio de los rangos, D3 y D4 son constantes que se han determinado de acuerdo al tamaño de cada subgrupo. Diseñe una escala adecuada para los rangos, grafique los puntos, la línea central y los límites de control.

Si el patrón de puntos es estable, continúe con el Paso 3.

□ **Paso 3:**

**Gráfica de promedios:** La línea central se traza a la altura que corresponde al promedio de los promedios. Por consiguiente, su fórmula es:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_k}{K}$$

Los límites de control están dados por las siguientes expresiones:

$$LIC\bar{X} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} \qquad LSC\bar{X} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$$

El valor de la constante  $A_2$  depende del tamaño de la muestra, y  $\bar{R}$  es el promedio de los rangos.

**NOTA:** En el Apéndice el lector puede encontrar una tabla de las constantes en las gráficas de control.

**EJEMPLO:**

En el proceso de teñido de fibras de lana se vio la conveniencia de controlar la acidez del colorante (pH). Para tal efecto, se hicieron pruebas cada 20 minutos y se registraron los resultados en grupos de tamaño 6. Las mediciones se presentan en la tabla que sigue:

Día	M	a	b	c	d	e	f	$\bar{x}$	r
2/8	1	4.22	4.20	4.20	4.08	4.15	4.15	4.167	0.14
2/8	2	4.25	4.22	4.10	4.15	4.10	4.15	4.162	0.15
2/8	3	4.20	4.22	4.01	4.17	4.18	4.30	4.180	0.29
2/8	4	4.20	4.25	4.18	4.05	4.17	4.10	4.158	0.20
3/8	5	4.15	4.20	4.03	4.15	4.31	4.25	4.182	0.28
3/8	6	4.18	4.17	4.17	4.30	4.15	4.10	4.178	1.20
3/8	7	4.22	4.24	4.23	4.07	4.19	4.25	4.200	0.18
3/8	8	4.00	4.15	4.18	4.10	4.30	4.20	4.155	0.30
4/8	9	4.10	4.15	4.30	4.36	4.15	4.10	4.193	0.26
4/8	10	4.20	4.25	4.20	4.30	4.15	4.10	4.200	0.20
4/8	11	4.35	4.20	4.25	4.12	4.30	4.10	4.220	0.25

A continuación se elaborará la gráfica de promedios y rangos para estos datos.

Los promedios y rangos de cada muestra se han calculado, y los resultados se dan en las últimas columnas de la tabla,  $\bar{x}$  y  $\bar{R}$ .

Primeramente se construye la gráfica de rangos: la línea central y los límites de control tienen los siguientes valores:

$$LC = \bar{R} = 0.2227$$

$$LICr = D3\bar{R} = (0)(0.2227) = 0$$

$$LSCr = D4\bar{R} = (2)(0.2227) = 0.44$$

El lector puede verificar ( ver *infra* ) que la gráfica de rangos se encuentran en control y en consecuencia se puede completar la construcción de la gráfica. La línea central de la gráfica es el promedio de los promedios:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_K}{K} = 4.18$$

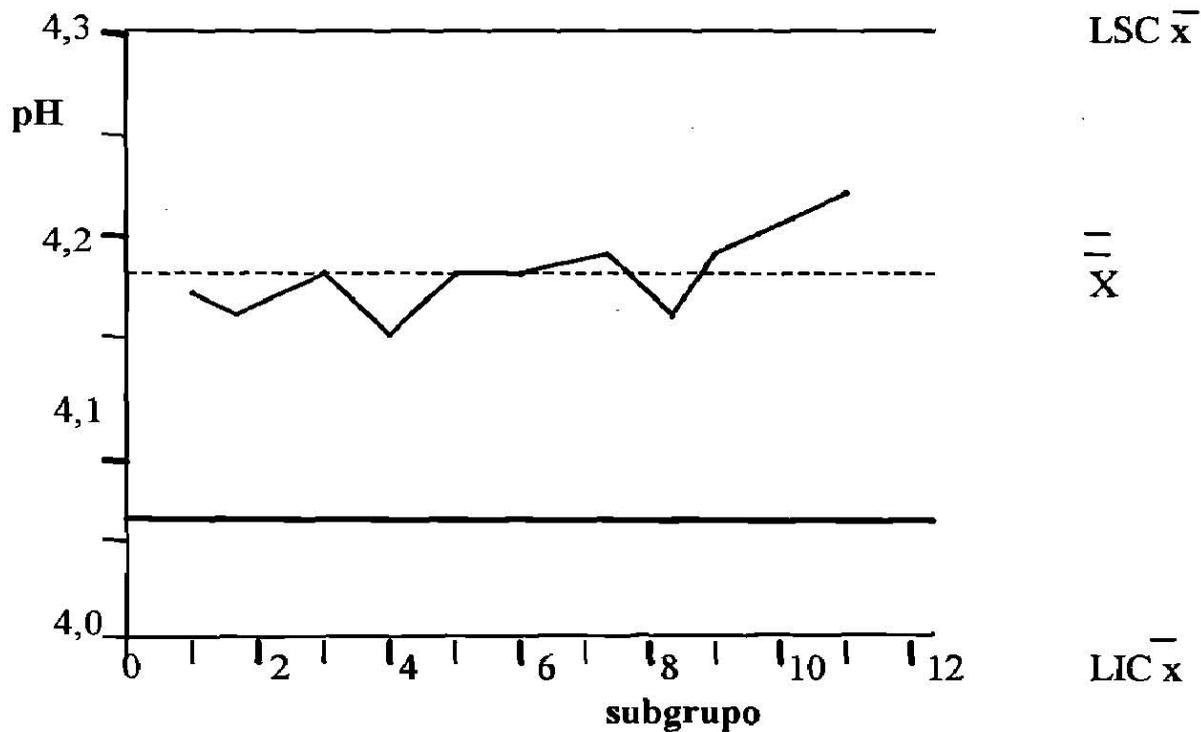
con  $n = 6$ , el valor de la constante  $A2$  es 0.48, y dado que  $\bar{R} = 0.227$ , entonces los límites de control para promedios son:

$$LIC\bar{x} = \bar{\bar{X}} - A2\bar{R} = 4.18 - (0.48)(0.2227) = 4.07$$

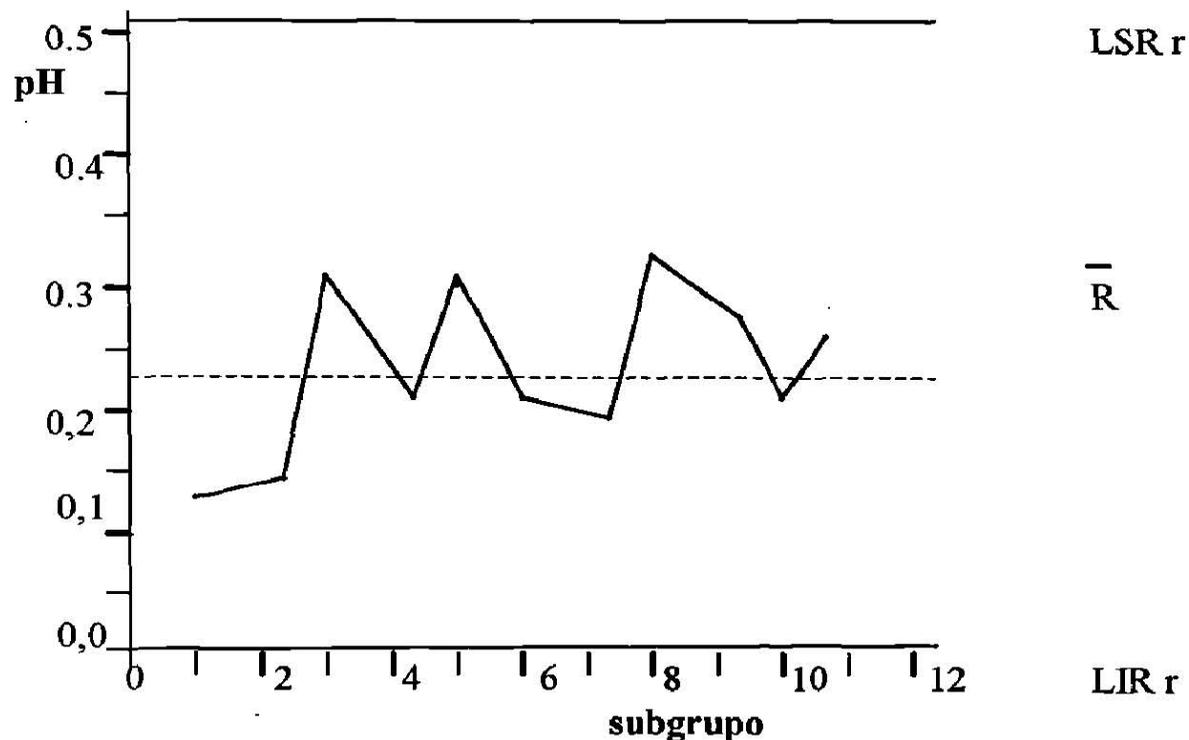
$$LSC\bar{x} = \bar{\bar{X}} + A2\bar{R} = 4.18 + (0.48)(0.2227) = 4.29$$

Con los resultados anteriores formamos la gráfica conjunta de promedios y rangos, que aparece en la siguiente página. Se percibe que el proceso tanto en su dispersión como en su nivel se encuentra en control estadístico.

### GRÁFICAS DE PROMEDIOS



### GRÁFICAS DE RANGOS

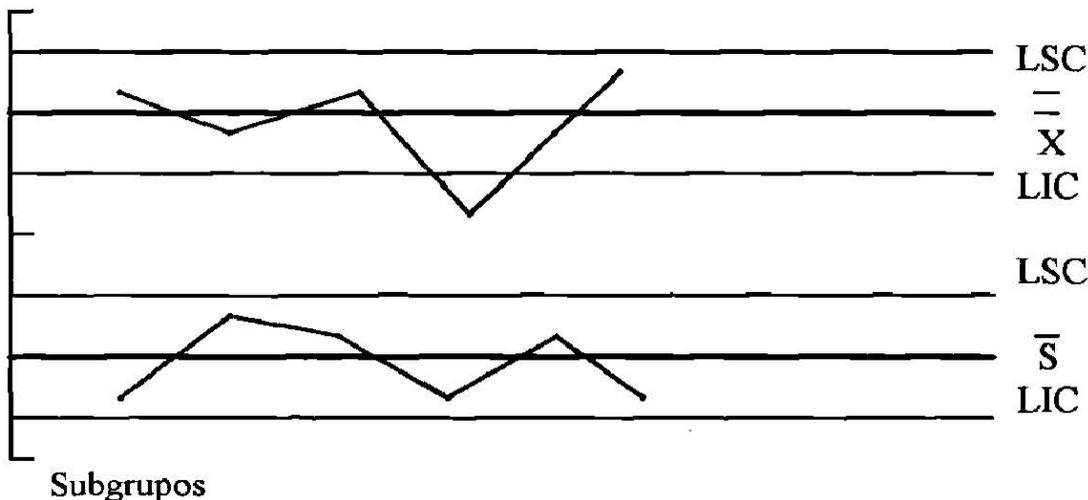


Puede observarse que la gráfica de promedios muestra una ligera tendencia, aunque todos los puntos estén dentro de los límites de control; el responsable de la gráfica debe examinar el proceso, e iniciar un análisis del mismo para descubrir la posible existencia de fuentes especiales de variación, las cuales deberá eliminarse.

## 2) Gráfica $\bar{X} - S$ , de promedios y desviación estándar

La gráfica de medidas y desviaciones estándar es el instrumento estadístico que sirve para estudiar el comportamiento de un proceso de manufactura, considerando como indicador de la variabilidad de desviación estándar.

La estructura general, igual que la que presenta la gráfica de medias y rangos, está constituida por dos porciones; una, que se destina al registro de los promedios de la característica de calidad en consideración, y otra para controlar la variabilidad del proceso.



La efectividad de esta gráfica está estrechamente relacionada con el tamaño de los subgrupos, y valores apropiados son los  $n \geq 10$ . La ventaja de usar esta gráfica, en relación a la gráfica de medias y rangos, es que para estos valores de "n" la desviación estándar es más sensible a cambios pequeños que el rango, aunque la gerencia debe comparar este beneficio en contra del costo de obtención y manejo de muestras relativamente grandes.

### ¿ Cómo se construye la gráfica X - S ?

El procedimiento de elaboración es similar al de las gráficas anteriores, incluye cálculos de líneas centrales y de límites de control par alas dos partes que construyen la gráfica (  $\bar{x}$  y S ) y la graficación de los promedios y desviaciones estándar obtenidos de cada subgrupo.

Es importante **verificar que la variabilidad del proceso sea estable** al iniciar la construcción de la gráfica, pues si el proceso no muestra estabilidad estadística, entonces la parte correspondiente a los promedios no será confiable, dado que los límites de control de x dependen del valor medio de S.

Es típico al tratar la gráfica de medias y desviaciones estándar distinguir dos casos generales concernientes a los tamaños de los subgrupos: tamaños iguales o tamaños diferentes. Por simplicidad, sólo consideraremos el primer caso, cuando son del mismo tamaño.

Se requiere como cálculo preliminar la estimación de la desviación estándar de cada muestra:

$$s = \sqrt{\frac{\sum X^2 - (\sum X)^2 / n}{n - 1}}$$

donde "n" es el tamaño del subgrupo.

La **línea central de la gráfica S** está indicada por el promedio de las desviaciones estándar calculadas.

$$\bar{s} = \frac{\sum_{i=1}^k S_i}{K}$$

Las expresiones utilizadas para calcular los límites de control son las siguientes:

$$\text{LSCs} = B4 \bar{s}$$

$$\text{LICs} = B3 \bar{s}$$

Tanto B3 como B4 dependen del valor de “n”, el tamaño del subgrupo, y sus valores se muestran en la tabla que se muestra en el Apéndice.

Si la gráfica de desviaciones estándar está en control, se procede a elaborar la gráfica de promedios. La línea central de la gráfica  $\bar{x}$  es el promedio de los promedios de los subgrupos:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{X}_i}{K}$$

Los límites de control se obtienen por las expresiones:

$$\text{LIC}\bar{x} = \bar{\bar{X}} - A3 \bar{S}$$

$$\text{LSC}\bar{x} = \bar{\bar{X}} + A3 \bar{S}$$

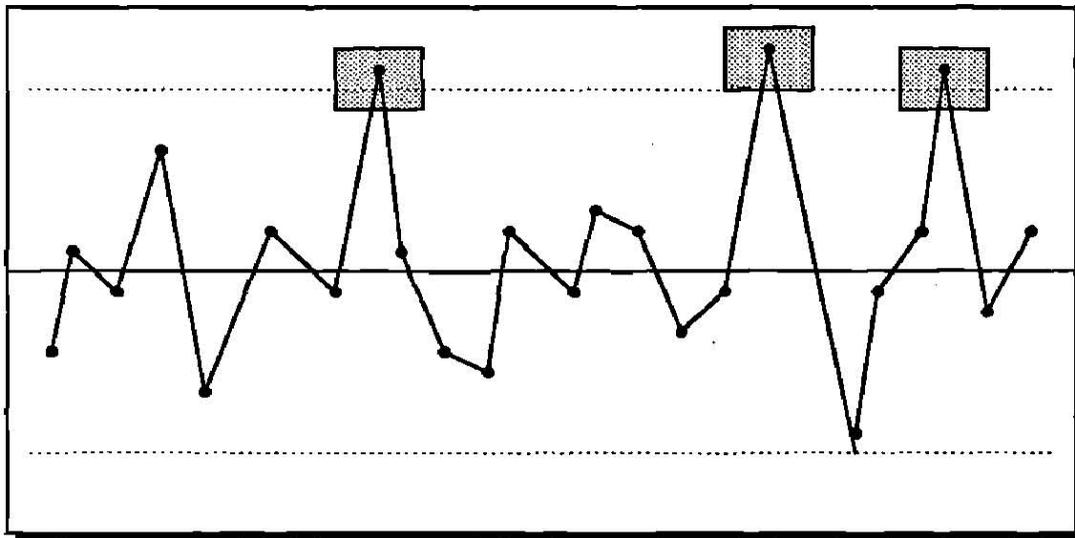
Los valores de A3, que dependen del valor de “n”, se dan en la tabla del Apéndice.

## LECTURA Y USO DE LA GRÁFICA DE CONTROL.

Como hemos visto en los ejemplos, la lectura de una gráfica de control se realiza buscando punto fuera de los límites de control o detectando patrones de anomalía en el conjunto general de los puntos. A continuación se describen algunos de los patrones más comunes, y se da una descripción de las causas que pueden estar afectando el proceso. Estas causas, del tipo causas asignables, deben ser eliminadas lo más pronto posible, para recuperar el estado deseado de control del proceso. Cuando se tenga un proceso fuera de control, los responsables deben darse a la tarea de identificar las causas especiales que estén afectando el sistema, para llegar a eliminarlas.

### 1. Puntos fuera de control.

Estos puntos se refieren a la presencia de una sola lectura que difiere mucho de las otras. A veces, un punto que parezca un salto realmente es una parte de un proceso estable. Este patrón es uno de los más sencillos de reconocer, y por el hecho de darse en forma aislada es fácil de identificar y de determinar sus causas.

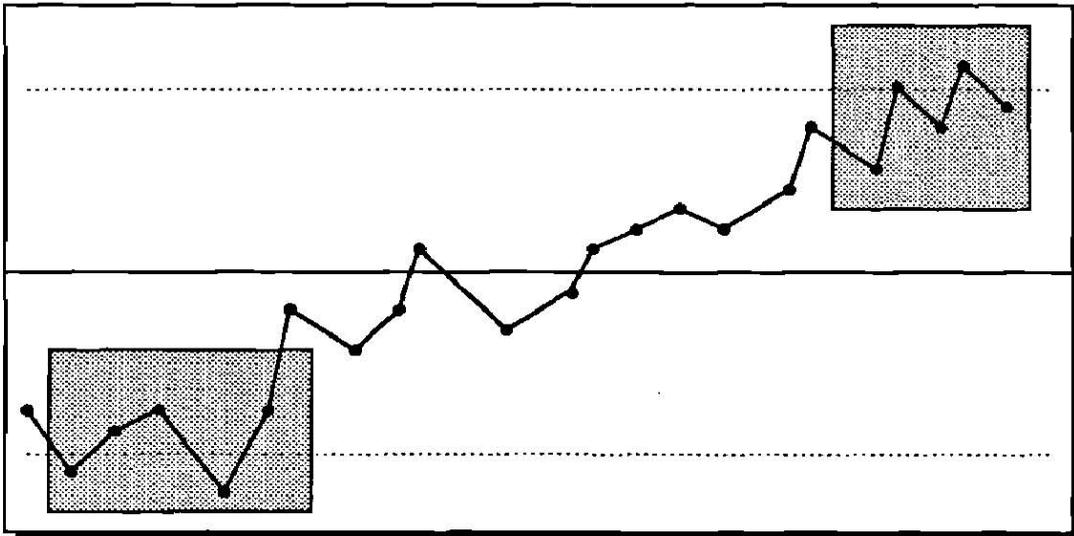


**Posibles causas:**

- 1.- Variación en el tamaño muestral.
- 2.- Toma de muestras de una distribución totalmente distinta.

**2. Tendencias continuas.**

Este patrón se define como una variación gradual y constante en forma ascendente o descendente, siendo este patrón fácil de reconocer. La tendencia puede surgir debido a causas que operen sobre el sistema de un modo gradual.

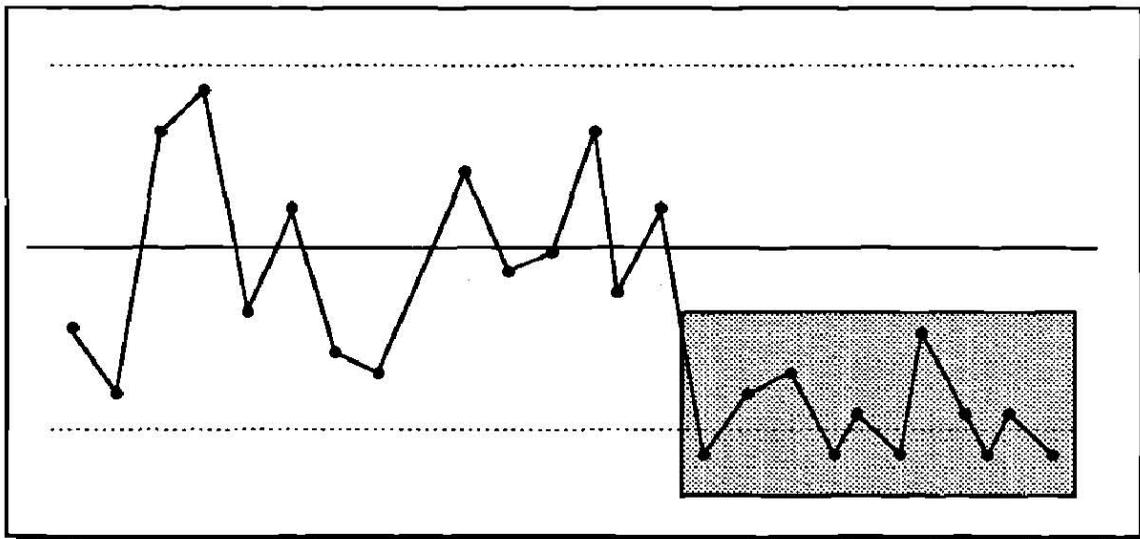
**Posibles causas:**

- 1.- Producto que se deteriora gradualmente.
- 2.- Desgaste en el equipo.

- 1.- Mejoramiento gradual de la técnica del empleado.
- 2.- Efecto de un mejor programa de mantenimiento de equipo.
- 3.- Efecto de control de procesos en otras áreas.

### 3. Cambio repentino de nivel.

Un cambio repentino de nivel se presenta como un cambio súbito en una dirección. Una cierta cantidad de puntos se localizan en un solo lado (inferior o superior) de la gráfica, y si los datos se gráficar separados, se verían dos distribuciones diferentes.



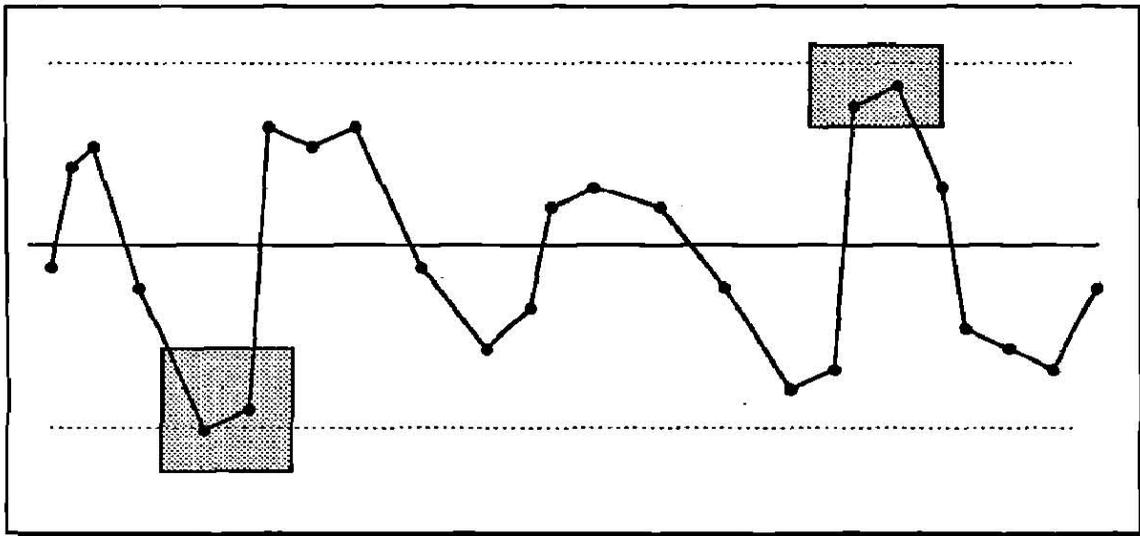
#### Posibles causa:

- 1.- Nuevo empleado.
- 2.- Nuevo jefe.

- 3.- Nuevo equipo o nuevo ajuste de equipo.
- 4.- Cambio en el método.
- 5.- Cambio en la motivación de los empleados.
- 6.- Cambio a un diferente proveedor.
- 7.- Cambio en los estándares.

#### 4.- Ciclos.

Los ciclos son tendencias cortas que ocurren en patrones repetidos. Las causas de los ciclos son variables de proceso que se presentan de una manera más bien regular. Los ciclos pueden identificarse determinado el tiempo en el cual aparecen los picos sucesivos y relacionando este intervalo con los elementos del proceso.

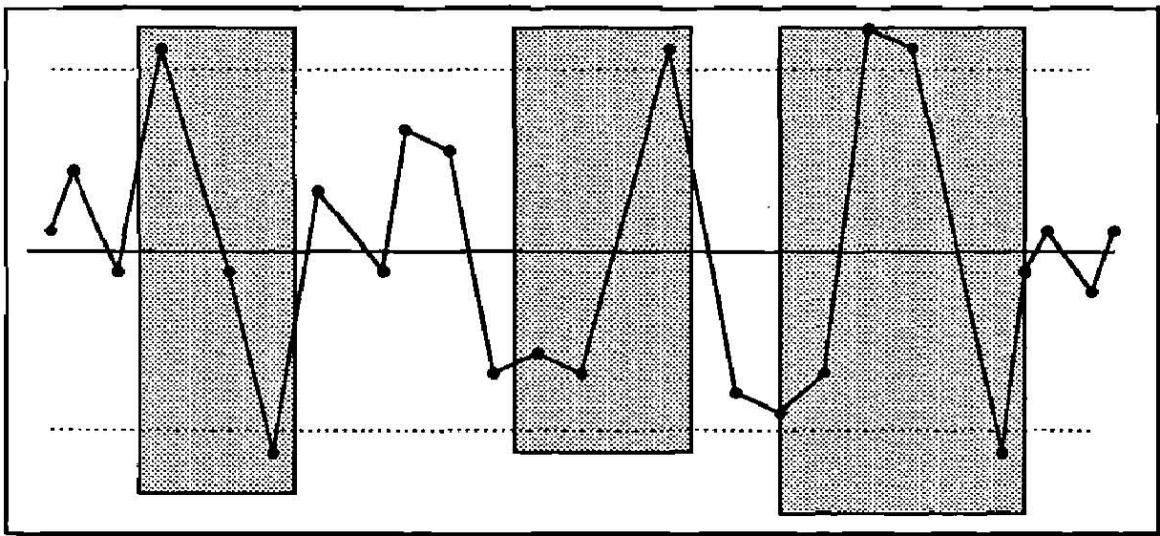


**Posibles causas:**

- 1.- Efectos estacionales, tales como la temperatura o la humedad.
- 2.- Fatiga del empleado.
- 3.- Rotación del personal.
- 4.- Horarios de mantenimiento.
- 5.- Desgaste de equipo.
- 6.- Diferencia regular entre proveedores.

**5.- Inestabilidad.**

Un patrón inestable presenta puntos erráticos que fluctúan a lo largo de la gráfica de control, y la fluctuación parece ser muy ancha comparada con los límites de control. La inestabilidad puede deberse a una sola causa o a causas conjuntas. Aunque en este caso el patrón es complejo, recuerde que probablemente las causas son más bien simples.



**Posibles causas:**

- 1.- Ajuste excesivo del equipo.
- 2.- Empleado sin capacitación.
- 3.- Equipo que necesita reparación.
- 4.- Efecto de gráficas de control instaladas en otras áreas.
- 5.- Empleados sin experiencia.
- 6.- Empleado descuidados.
- 7.- Mantenimiento mediocre.
- 8.- Productos defectuosos.

## HOJAS DE VERIFICACIÓN

En toda empresa hay una cantidad de datos que pueden recolectarse, relacionados con aspectos que hay que verificar y mejorar permanentemente: calidad en el producto / servicio, costos, entrega, seguridad y moral. Virtualmente, cualquier aspecto es nuestra empresa puede ofrecer datos que sirven para mejorar un proceso y asegurar la satisfacción de las necesidades de los clientes.

La hoja de verificación es la herramienta que se utiliza para recolectar datos en un formato lógico; sirve como una herramienta de transición entre la recolección de datos y el uso de técnicas más elaboradas. Su objetivo primordial es lograr que un gerente, un ingeniero de planta, los supervisores o los mismos operarios estén en capacidad de reunir y organizar datos en un formato tal que les permita un análisis eficiente y fácil.

En el caso particular de la persona que tiene personal a cargo, hay numerosos aspectos que debe verificar personalmente o a través de consolidados o reportes que le presenten los subordinados y cuyo análisis le permite tomar decisiones más acertadas.

### PARA QUE SIRVE LA HOJA DE VERIFICACIÓN:

Los datos recolectados en una hoja de verificación tienen un uso directo en la elaboración de otras gráficas de control de calidad, como la gráfica de control, el histograma, el diagrama de Pareto, etc. Además. La hoja de verificación sirve para lo siguiente:

- Proporcionar 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.
- Facilita el cumplimiento del trabajo.

Las Hojas de verificación permiten recolectare y organizar datos, reducen los riesgos asociados con la toma de decisiones, acelerar la detección y resolución de problemas, apoyan otras herramientas de Control Total de Calidad, y permiten responder a preguntas como las siguientes:

- ¿ cuáles son los hechos ?,
- ¿ cuál es la frecuencia de ocurrencia de un error ?,
- ¿ dónde ocurre este error ?,
- ¿ se ha omitido algún paso en un procedimiento ?

### TIPOS DE HOJAS DE VERIFICACIÓN.

El diseño de la hoja de verificación debe facilitar el logro de los objetivo planeados. Cuando el grupo de mejora diseñe una de ellas, es importante determinar lo que se quiere obtener de los datos y la manera como estos se van a usar con el fin de lograr un beneficio óptimo de la información.

Hay tres tipos de hojas de verificación que se pueden emplear en una situación dada:

- Hoja para registro de datos.
- Hoja de localización.
- Lista de verificación.

## PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN.

A continuación se presenta un modelo de procedimiento para elaborar una hoja de verificación. Usted puede ajustar estos pasos según sus necesidades y condiciones de su ambiente de trabajo, así como al tipo de hoja que requiera.

Por otra parte, en las empresas también existen ya algunas hojas de verificación pre-establecida, las cuales conviene utilizar de manera uniforme para facilitar los análisis.

- 1 **Defina claramente el propósito de la recolección de los datos.**  
Identifique los factores más significativos en el problema o área de mejora. No recoja datos por recoger. Asegúrese que la información que se obtenga sea utilizada.
- 2 **Decida cómo recolectar los datos.**  
Utilice las preguntas *qué, dónde, cuándo, quién, por qué, cómo*, y determine responsable, fecha y lugar de la recolección, así como el método de recolección.
- 3 **Estime el total de datos que serán recolectados.**  
El total de datos varía según la situación. Considere si los datos pueden ser recolectados dentro del tiempo especificado.
- 4 **Decida el formato de la hoja.**  
Haga un borrador de la hoja procurando que sea de fácil uso. Al mismo tiempo, defina el arreglo de los elementos y los símbolos que se vayan a utilizar. Como veremos en el siguiente capítulo, es necesario estratificar los datos, o sea, clasificarlos u organizarlos con algún criterio, para obtener conclusiones más acertadas.
- 5 **Escriba el formato de la hoja.**  
En caso de variables, defina la unidad de medición, y cerciórese de la certificación de los sistemas de medición; para atributos, defina los símbolos que se van a utilizar.
- 6 **Verifique una vez más su factibilidad de uso.**  
¿Satisface los objetivos? ¿Es fácil de usar? Actualice el formato de la hoja en caso de que sea necesario.



- **Datos por atributos:**

La recolección de datos también puede hacerse por atributos, donde se presenta atención al tipo y frecuencia de las causas de un problema; por ejemplo, la rotación de personal puede tener como causas: falta de motivación, mejores oportunidades, trabajo poco interesante, malas relaciones con el supervisor o con los compañeros; las mermas pueden deberse a diferentes causas: materia prima defectuosa, fallas de las máquinas, errores del personal, mal manejo, desperdicio necesario, etc. Es decir, a un problema se le "atribuyen" causas. Puesto que hay muchas causas posibles de un error o falla, la manera lógica de recolectar los datos es determinar el número de productos o servicios disconformes según una lista de causas, o el porcentaje de defectos generados por cada causa. Con esta información, se puede llevar a cabo acciones para la mejora.

**Ejemplo:**

La hoja que aparece abajo fue creada para registrar el tipo de defecto que puede ocurrir en un estado 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>			Encargado: <u>Enrique Alonso</u>		
TIPO DE ERROR	ENE	FEB	MAR	ABR	TOTAL
cargo diferido	///	////	/	///	11
cargo errónea	//	///	<del>///</del>	//	12
dirección equivocada		//	///	<del>///</del>	10
nombre/ dirección mal tecleados	/		////		5
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	

## 2) Hoja de Localización:

Otro modo de recolectar información es a través de una hoja de localización, que es un diagrama o mapa de un área bajo observación, de un producto o de una de sus partes, en el cual se indica la naturaleza y localización específica de errores, fallas, daños, accidentes...

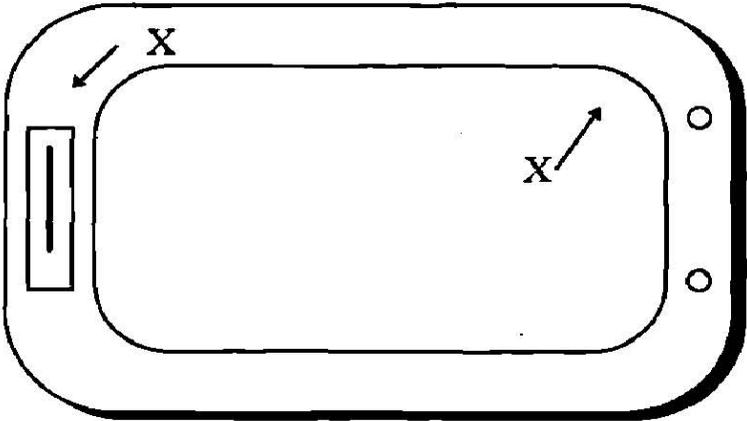
### Ejemplo:

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. Esta hoja puede complementarse con la hoja para registro de datos, según el número de veces que se presente algún defecto.

**COMPAÑÍA XYZ**

**HOJA DE LOCALIZACIÓN DE DEFECTOS**

**MODELO 14 PC**



Fecha: 09/IV/91

Responsable: Gloria de la Garza

Comentarios: 1. Sensor no funciona  
2. Manija floja

### 3 ) LISTA DE VERIFICACIÓN:

La lista de verificación es una enumeración de elementos dispuestos en un orden determinado: secuencia de inspección, pasos secuenciales de un proceso, lista de materiales por orden de uso...

Esta herramienta se utiliza para evitar la omisión de pasos en procedimientos largos o complicados, o para comprobar si está completa una lista de materiales que deben usarse o de actividades que deben cumplirse.

#### Ejemplo:

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".

### HOJA DE REPARTO

#### MUEBLERÍA SANTA ROSA

**RESPONSABLE:**  
Carlos Robledo

**CAMION:**  
TR-3

**FECHA:**  
18 / Abril / 1991

Lugar a repartir:	jueves	
	Verificación	Comentarios
Col. Independencia	✓	
Col. Bugambilias	✓	
Col. Altavista	✓	
Col. Florida	✗	Inundación en la colonia
Col. Primavera	✓	

## LECTURA Y USO DE LA HOJA DE VERIFICACIÓN.

De nada sirve tener mucha información si no se sabe cómo utilizarla.

Para leer y utilizar correctamente la hoja de verificación (en cualquiera de sus formas) se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- ◆ **Visualice toda la hoja.**  
Observe los datos obtenidos de manera global, tratando de encontrar una posible concentración de estos: ¿tiene alguna tendencia?, ¿hay datos anómalos?,... Vea las series de tiempo. Trate de encontrar cambios periódicos en los datos, ya sea en una base diaria, semanal...
- ◆ **Enlace la hoja de verificación con las otras herramientas básicas.**  
A partir de ésta, se puede construir un diagrama de Pareto, un histograma y otras. Esta herramienta será de valor si el análisis de los datos conduce a resultados prácticos, por ejemplo, la resolución de un problema o el logro de una mejora.
- ◆ **Las Hojas deben cumplir con el objetivo que se definió para su uso.**  
Puesto que hay distintos tipos de hojas, la que usted ha diseñado debe satisfacer el propósito definido.
- ◆ **Realice las acciones correctivas tan pronto como sea posible.**  
Los datos y la información recabados deben servir para proseguir el análisis del proceso o producto, con miras a establecer acciones para prevenir que se repitan errores o evitar nuevo.



**BIBLIOGRAFIA:**

**TÍTULO:** Las 7 Herramientas Básicas.

**AUTOR:** Augusto Pozo Pino.  
Rebeca González Avila.  
Carlos J. García.  
Santiago H. Colunga.

**EDICIÓN:** ITESM, Campus Monterrey, Centro De Calidad.



