



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
Y ELECTRICA**

**CONTROL DE CALIDAD  
LAS SIETE HERRAMIENTAS BASICAS**

**T E S I S**

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

**PRESENTA:**

**SALVADOR MARTIN ARENAS VELASCO**

**ASESOR:**

*Ing. Roberto Elizondo Villarreal*

**CD. UNIVERSITARIA**

**MARZO DE 1996**

T

TS156

.6

A7

C.1



1080064318



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

CONTROL DE CALIDAD LAS SIETE HERRAMIENTAS BASICAS

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE: INGENIERO ADMINISTRADOR DE SISTEMAS

PRESENTA:

SALVADOR MARTIN ARENAS VELASCO

ASESOR:

Ing. Roberto Elizondo Villarreal

CD. UNIVERSITARIA

MARZO DE 1996



T  
TS 156  
.6  
A7



Biblioteca Central  
Magna Solidad

F. 1515



UAHV  
FONDO  
TESIS LICENCIATURA

# *Agradecimientos.*

*Agradezco a Dios por estar conmigo, sin merecerlo, a lo largo de mi carrera y durante toda mi vida, y por este logro.*

*A mis padres por su apoyo y comprensión, y por todos los desvelos que les cause, principalmente a mi madre, gracias por todo.*

*A todos mis maestros, particularmente al Ing. Juan Manuel Livas Cabrera, pues gracias a su apoyo no me quede en el camino.*

*A todos mis compañeros por su amistad, especialmente a Erika, Carmen, Freddy y Jacob.*

*A mis amigos de carrera a quienes les debo tanto, Alejandra, David, Osiris, Nancy, Edwin y Cesar. ! Nunca los voy a olvidar !.*

# INDICE

<b>Introducción.</b>	<b>1</b>
<b>Antecedentes.</b>	<b>3</b>
<b>Las Siete Herramientas para el Control de Calidad</b>	<b>6</b>
♦ <b>Hojas de Verificación</b>	<b>7</b>
Definición, usos y tipos de Hojas de Verificación.	
Elaboración.	
Hojas de Registro de Datos.	
Hojas de Localización.	
Lista de Verificación.	
♦ <b>Estratificación</b>	<b>14</b>
Definición.	
Usos y Ejemplos de la Estratificación.	
Estratificación por Lotes.	
♦ <b>Diagrama Causa - Efecto.</b>	<b>18</b>
Definición.	
Elaboración.	
♦ <b>Diagrama de Pareto</b>	<b>24</b>
Definición.	
Elaboración.	
♦ <b>Histograma.</b>	<b>29</b>
Definición.	
Elaboración.	
♦ <b>Gráficas de Control</b>	<b>33</b>
Definición.	
Tipos de Gráficas de Control.	
Gráficas de Control por Variables.	
Gráficas de Control por Atributos.	
♦ <b>Diagrama de Dispersión.</b>	<b>43</b>
Definición.	
Lectura y Uso del Diagrama de Dispersión.	
<b>Conclusiones.</b>	<b>47</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>50</b>

# Introducción.

---



Poner en práctica programas de Control de Calidad requiere del compromiso de la Dirección y la participación de todos los trabajadores; pero además de ello es necesario contar con instrumentos y técnicas que hagan posible medir, analizar y controlar los procesos del trabajo de una manera ágil, confiable y eficaz.

Los instrumentos que nos van a permitir alcanzar la excelencia son las llamadas 7 Herramientas Básicas para el Control para el control Total de Calidad. 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, pero también deben ser manejadas por los gerentes.

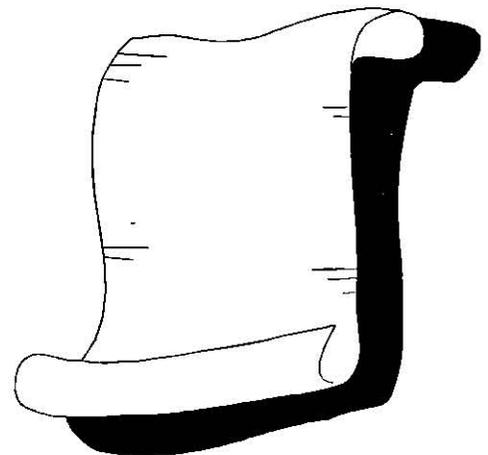
El uso de estas herramientas permite identificar causas y áreas de problemas, graficar los datos referentes a ellos, destacar los problemas vitales y resaltar aspectos que hayan estado ocultos. Posiblemente el éxito de la mejora en el trabajo dependa de la manera como se usen estos instrumentos.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Las Siete Herramientas Básicas

# Antecedentes.

---



A continuación, se muestra como fueron evolucionando los Círculos de Calidad a través de los años y quienes fueron los precursores del uso de las herramientas estadísticas:

- |               |   |
|---------------|---|
| Antes de 1948 | Los productos japoneses en el mercado internacional, son baratos pero de muy mala Calidad.  |
| 1948          | Se forma la Unión de Científicos e Ingenieros Japoneses (JUSE), con la participación de profesores de ingeniería y estadística e ingenieros de empresas privadas. |
| 1949          | la JUSE organiza el primer seminario a nivel nacional titulado “Curso Básico de Control de Calidad”.  |
| 1954          | El Dr. J.M. Juran, es invitado como instructor al seminario “Administración del Control de Calidad”, para la Alta Dirección.                                      |

De los eventos anteriormente citados, destacan particularmente las visitas de los Drs. DEMING y JURAN. El seminario del Dr. Deming fue diseñado para enseñar los principios básicos para el uso de *tablas para inspección* por muestreo ; Deming se extendió hacia el *control estadístico del proceso* , explicando herramientas como *la gráfica de control*. Lo anterior abrió una nueva era en Japón respecto al control de Calidad, ya que amplió y mejoró la atención de los ingenieros hacia el uso de *métodos y herramientas estadísticas*.

Actualmente se requiere de un programa de Capacitación y Entrenamiento a todos los niveles de la empresa , desde la Dirección o Gerencia hasta empleados y operarios, el cual incluye una serie de Técnicas, Herramientas y Metodología que son esenciales de aprender y utilizar antes de iniciar con la implantación de los círculos de Calidad.

Las técnicas conocidas como: Herramientas Básicas para Calidad Total a incorporar a la administración diaria del trabajo en todos los niveles ,son:

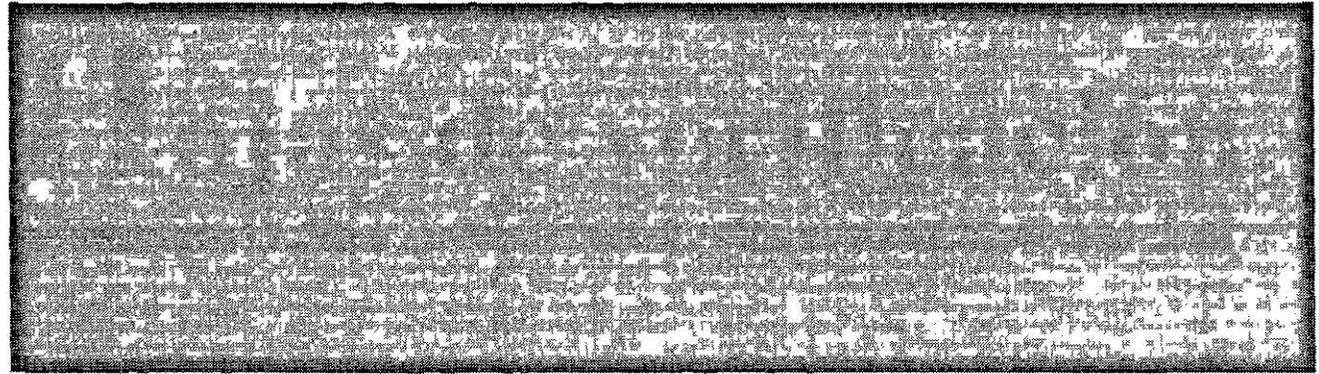
<b>Herramientas Básicas</b>	
<b>7 HERRAMIENTAS ESTADISTICAS</b>	<b>7 HERRAMIENTAS ADMINISTRATIVAS</b>
<b>1. HOJAS DE VERIFICACION (CHEQUEO)</b>	<b>1. DIAGRAMA DE AFINIDAD</b>
<b>2. ESTRATIFICACION</b>	<b>2. DIAGRAMA DE RELACIONES</b>
<b>3. DIAGRAMA CAUSA-EFECTO</b>	<b>3. DIAGRAMA DE ARBOL</b>
<b>4. DIAGRAMA DE PARETO</b>	<b>4. DIAGRAMA MATRICIAL</b>
<b>5. HISTOGRAMA</b>	<b>5. DIAGRAMA DE FLUJO</b>
<b>6. GRAFICAS DE CONTROL</b>	<b>6. GRAFICAS DE PROCESO DE DECISION</b>
<b>7. DIAGRAMA DE DISPERSION</b>	<b>7. DIAGRAMA DE FLECHAS</b>

Las anteriores catorce herramientas básicas forman parte de una metodología para identificación, análisis, solución y prevención de problemas, la cual demanda la combinación de herramientas.<sup>2</sup>

En el presente texto solo se comentaran las 7 Herramientas Estadísticas.

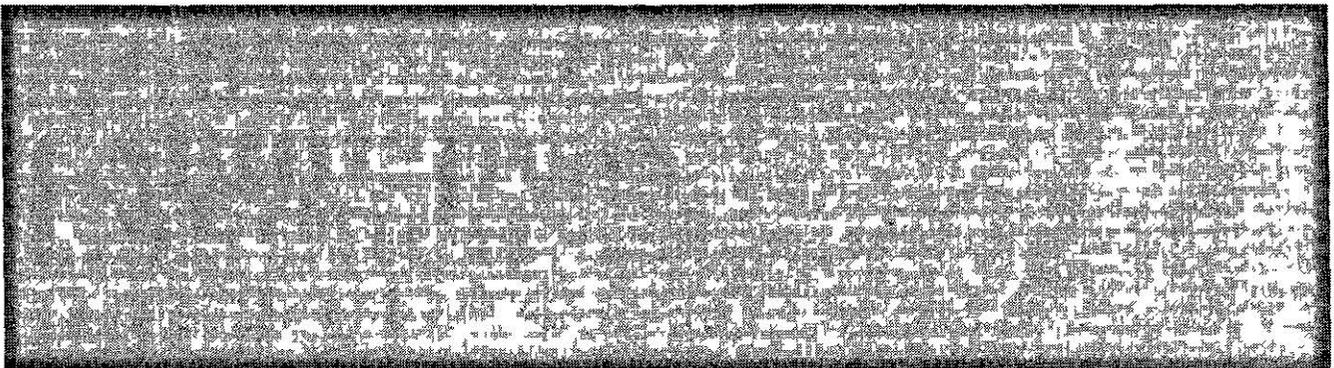
---

<sup>2</sup> ¿ El por que de su éxito?, Círculos de Calidad.



**Las Siete**  
**Herramientas**  
**Estadísticas**  
**para el**  
**Control de**  
**Calidad**

7



# Hojas de verificación.

Hoja de Reparto  
Mueblería Santa Rosa

<b>Responsable:</b> Carlos Robledo	<b>Camión:</b> TR-3	<b>Fecha:</b> 18/abril/1991
<b>Lugar a Repartir</b>	<b>Jueves</b>	
	Verificación	Comentarios
Colonia Independencia	✓	
Colonia Bugambilias	✓	
Colonia Altavista	✓	
Colonia Florida	X	Inundación en la colonia
Colonia Primavera	✓	

En toda empresa hay una gran cantidad de datos que pueden recolectarse, relacionados con aspectos que hay que verificar y mejorar permanentemente: calidad en el producto o servicio, costos, entrega, seguridad, etc.

La Hoja de Verificación es una 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 mas 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.

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.

**La hoja de verificación sirve para lo siguiente:**

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

**Tipos de hojas de verificación.**

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

1. Hoja para registro de datos.
2. Hoja de localización.
3. Lista de verificación.

**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. Por otra parte, en las empresas también existen ya algunas hojas de verificación preestablecidas, las cuales conviene utilizar de manera uniforme para facilitar el análisis.

**1. Defina claramente el propósito de la recolección de los datos.**

Identifique los factores mas significativos en el problema o área de mejora.  
Asegúrese que la información sea utilizada.

**2. Decida como recolectar los datos.**

Utilice las preguntas que, donde, cuando, quien, por que, como y determine responsable, fecha y lugar de recolección, así como el método de recolección.

**3. Estime el total de datos que serán recolectados.**

El total de datos varia según la situación. Considere si los datos pueden ser recolectados en el 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.

**5. Escriba los datos en 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 mas su factibilidad de uso.**

Actualice el formato de la hoja en caso de que sea necesario.

**1) Hoja para registro de datos:**

**Datos por variables.**

La recolección de datos implica reunir datos acerca de variables que en una empresa inciden sobre la calidad total, como tiempo de atención a clientes, tiempos de procesos, tiempos de preparación de maquinas, desviación de metas, costo de retrabajo por mes, retardos del personal.....

Cuando estos datos se quieren medir, se representan mejor en una hoja de verificación por variables, que se asemeja mucho a una distribución de frecuencias. Por ejemplo:

El tiempo que transcurre desde que un cliente entra a un restaurante hasta que pide la orden se considera un parámetro importante en la satisfacción del mismo. La hoja presentada a continuación registra la distribución de frecuencias de 50 clientes.

Restaurante Garcia's		Sucursal Colon.
11-junio-91		Periodo: 7:00 -9:00
Observador: José Barrios		
Tiempo (en minutos)	Conteo	Frecuencia
0 - 2.0		8
2.0 - 4.0		13
4.0 - 6.0		15
6.0 - 8.0		9
8.0 - 10.0		5
	Total	50

**Datos por atributos.**

La recolección de datos también puede hacerse por atributos, donde se presta atención al tipo y frecuencias de las causas del 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 causas diferentes : *materia prima defectuosa, fallas de las maquinas, errores del personal, mal manejo, desperdicio necesario, etc.* Es decir, a un problema se le “atribuyen” causas. Puesto que hay muchas causas posibles de error y falla, la manera lógica de recolectar los datos es determinar el numero de productos o servicios disconformes según una lista de causas, o el porcentaje de defectos generados por cada causa.

Por ejemplo:

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

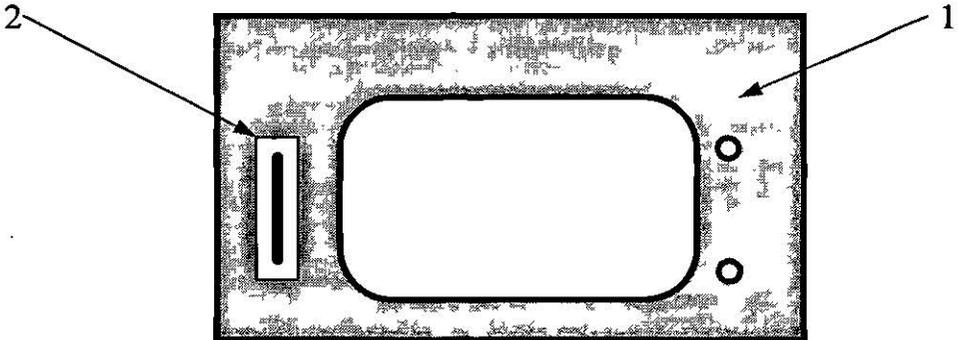
Estados de cuenta JCP					
Periodo:	Enero - abril 91				
Lugar:	Zona noreste		Encargado:	Enrique Alonso	
Tipo de error	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total
Cargo Diferido					11
Cargo Erróneo					12
Dirección Equivocada					10
Nombre mal Tecleado					5
<b>Total</b>	6	9	13	10	

## **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 siguiente figura es una hoja de localización de defectos encontrados en la parte frontal de la puerta de un horno de microondas. El responsable marca el lugar del defecto .

<b>Compañía "XYZ"</b> <b>Hoja de localización de defectos</b> <b>Modelo 14 PC</b>	
	
Fecha:	Responsable
<u>09/IV/91</u>	<u>Gloria de la Garza</u>
Comentarios:	1. Censor 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 secuencias de un proceso, lista de materiales por orden de uso.... etc.

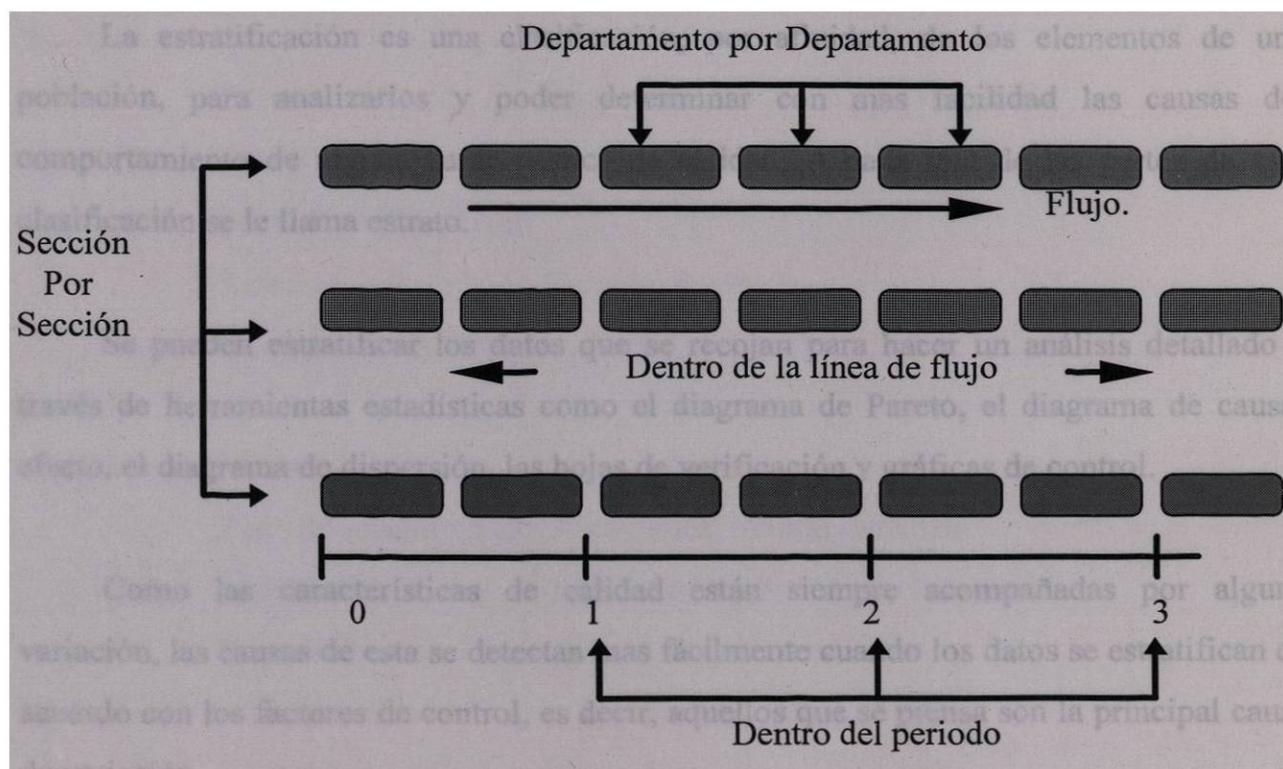
Esta herramienta se utiliza para evitar la omisión de pasos en procedimientos largos o complicados, o para comprobar si esta completa una lista de materiales que deben usarse o de actividades que deben cumplirse.

Ejemplo:

La siguiente lista de verificación esta diseñada para asegurar que se sigue toda la ruta en un reparto a domicilio de mercancía . La columna Verificación debe llenarse una vez que se ha visitado este lugar.

<b>Hoja de Reparto</b> <b>Mueblería Santa Rosa</b>		
<b>Responsable:</b> <u>Carlos Robledo</u>	<b>Camión:</b> <u>TR-3</u>	<b>Fecha:</b> <u>18/abril/1991</u>
<b>Lugar a Repartir</b>	<b>Jueves</b>	
	<b>Verificación</b>	<b>Comentarios</b>
Colonia Independencia		
Colonia Bugambilias		
Colonia Altavista		
Colonia Florida		Inundación en la colonia
Colonia Primavera		

# Estratificación.



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

En aspectos de Control de Calidad, cuando se investiga la causa de una falla o la verificación excesiva que se presenta en un proceso, se tiene a veces la necesidad de examinar los datos mediante una agrupación de estos 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**.

### **Definición**

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

Se pueden 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-efecto, el diagrama de dispersión, las hojas de verificación y gráficas de control.

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

La estratificación tiene una gran utilidad:

- Sirve para identificar la causa que tiene mayor influencia en la variación.
- Permite comprender de manera detallada la estructura de un grupo de datos, lo cual permitirá identificar las causas del problema y llevar a cabo acciones correctivas convenientes.
- Permite examinar la diferencia en los valores promedios y la variación entre diferentes estratos, y tomar medidas contra la diferencia que pueda existir.

La estratificación generalmente se hace partiendo de la clasificación de los factores que inciden en un proceso o en un servicio, y los estratos que utilicen dependerán de la situación analizada.

Ejemplos de estratificación:

**Hombre :**    **Capacitación:** Capacitado, No Capacitado

**Experiencia:** Sin experiencia, menos de un año, de 1 a 3 años,....

**Edad:** menos de 20 años, de 20 a 30 , de 30 a 50 , mas de 50.

**Sexo :**Hombre, mujer.

**Estado Civil:** Soltero, Casado, Separado,....

**Origen :** local, foráneo,....

**Maquinaria :Modelo:** A, B, C, ....

**Tipo de maquinaria:** Automática, Semiautomática

**Uso diario:** menos de 1 hora , de 1 a 5 , mas de 5.

**Productividad:** Capacidad, % de desperdicio.

**Mantenimiento:** Diario, Semanal, Mensual,....

**Seguridad :** Buena, regular , mala.

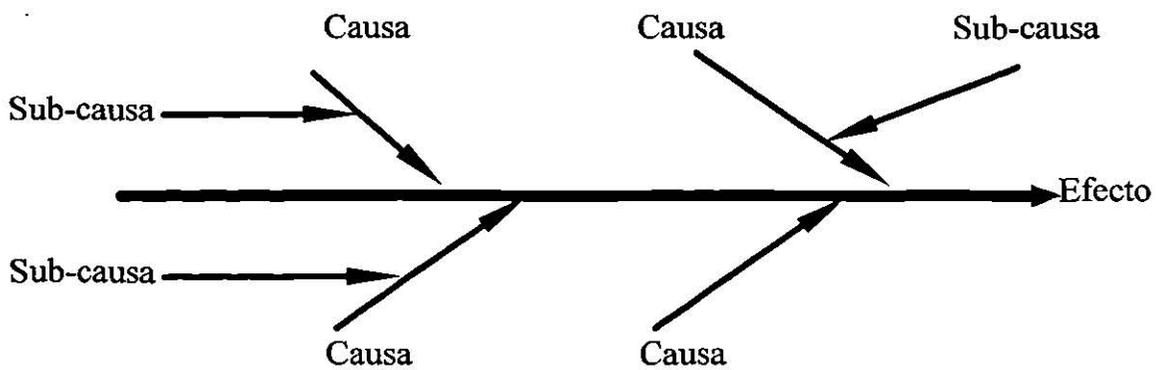
### **Estratificación por lotes.**

Las colecciones de productos conocidas como “lotes” resultan comúnmente de numerosos arreglos de variables. La variabilidad de las características de calidad e intereses puede detectarse dentro de un mismo lote o bien entre varios 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 la 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 cual es dominante.

# Diagrama de causa efecto.

---



En el trabajo rutinario de una empresa se presentan numerosos problemas, Por ejemplo: quejas de los clientes, ausencia de trabajadores, errores de los procedimientos de trabajo, producción defectuosa, etc.

Cuando se analiza cualquiera de estos problemas , a menudo ocurre que se señalan algunas probables causas , dentro de las cuales , a lo mejor no se encuentra la principal; de ahí que se dificulte encontrar la solución. Por eso es necesario que cada uno de los involucrados en el problema contribuya con sus ideas en torno a las posibles causas, y que estas se vayan organizando y relacionando con su efecto, de una manera gráfica. El instrumento que permite tener un panorama global del problema y visualizar las Relaciones que tienen las causas entre si y con su efecto es *el diagrama causa-efecto*.

### **Definición**

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 utilizo con un grupo de ingenieros en una planta de la Kawasaki Steel Works, para explicar como diversos factores que afectan un proceso pueden ser clasificados y relacionados de cierta manera.

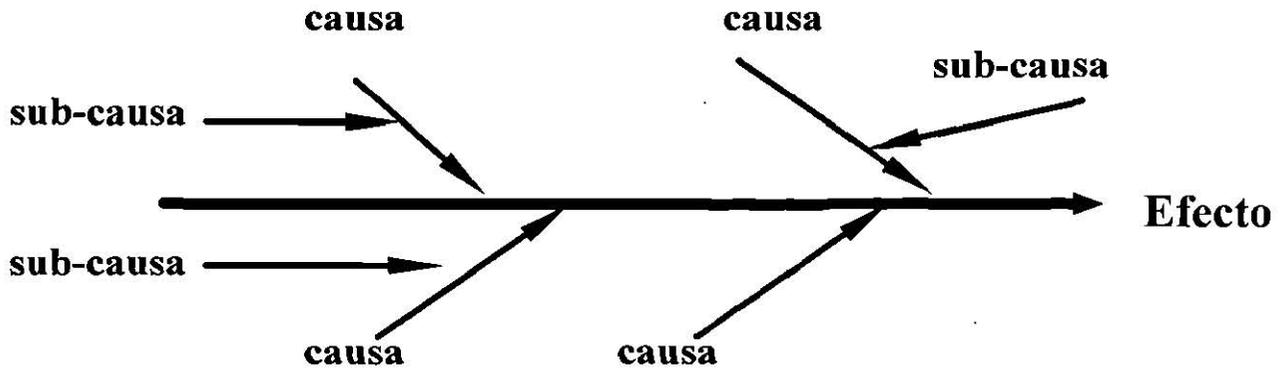
El diagrama causa-efecto es un gráfico que muestra la relación sistemática entre un resultado fijo y sus causas. El resultado fijo de la definición es comúnmente denominado el efecto, el cual representa un área de mejora: un problema que se deba resolver, un proceso o una característica de calidad. Una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

Ejemplo: Las diferencias entre el grado de dureza del material (efecto) se pueden deber a diferencias en la composición química de la materia prima.

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

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

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



### **Elaboración del diagrama de causa-efecto.**

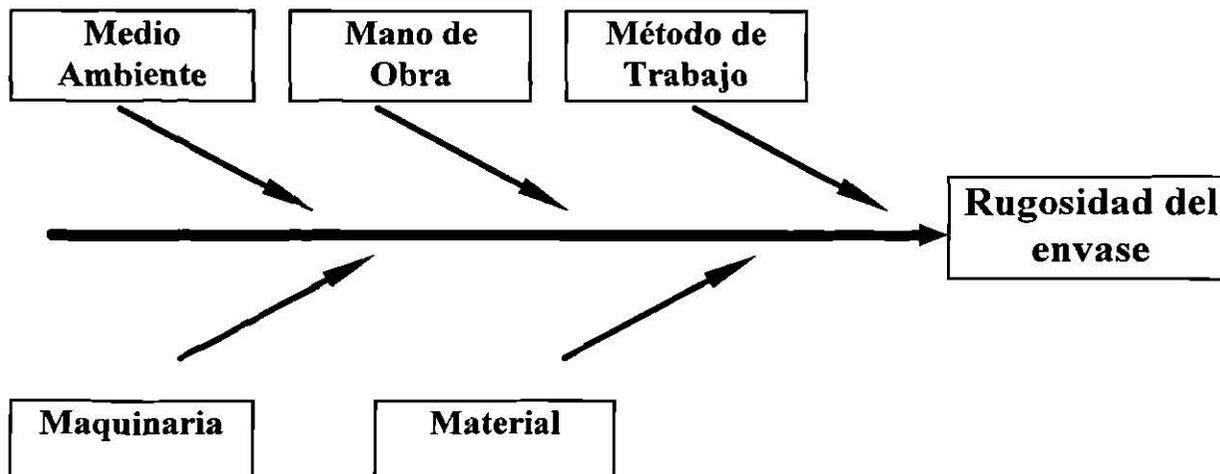
#### **1. Defina el "Efecto" o resultado.**

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



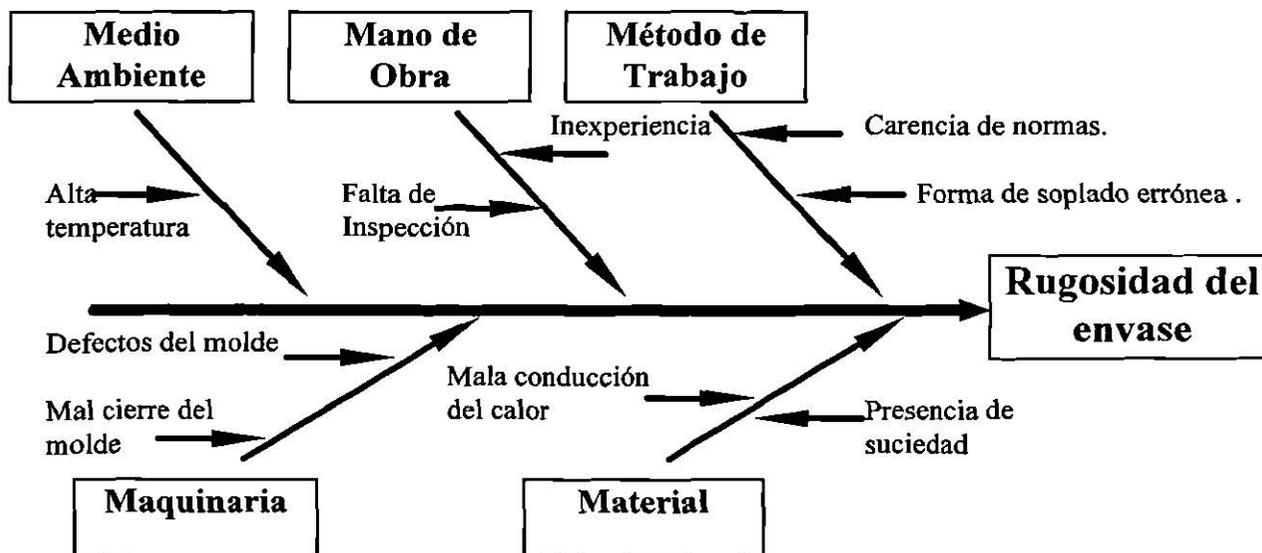
#### **2. Identifique las causas mayores.**

El equipo de trabajo sesionara, mediante una lluvia de ideas; en primer lugar se reconocen las causas principales, que generalmente corresponden a las categorías conocidas como Material, Método, Maquina, Medio Ambiente y Mano de Obra, pero que pueden variar dependiendo del problema o efecto que se este analizando. Por lo general a la flecha mayor solo debe de llegar de **4 a 8** "espinas".



**3. Identifique causas y sub-causas que contribuyen al efecto.**

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

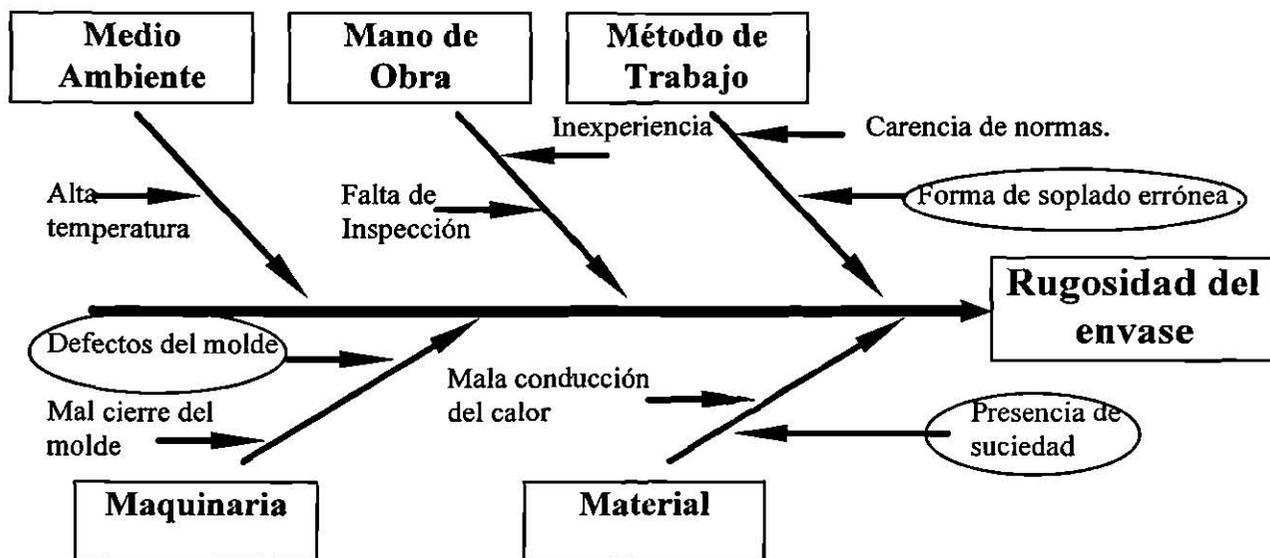


**4. Verifique las causas probables.**

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

**5. Señale y verifique las causas mas probables.**

Con un circulo o cualquier otra marca, señale las causas que con base en la experiencia de los participantes, sean las mas 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. Es importante señalar que en el diagrama causa-efecto solo 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 mas 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.

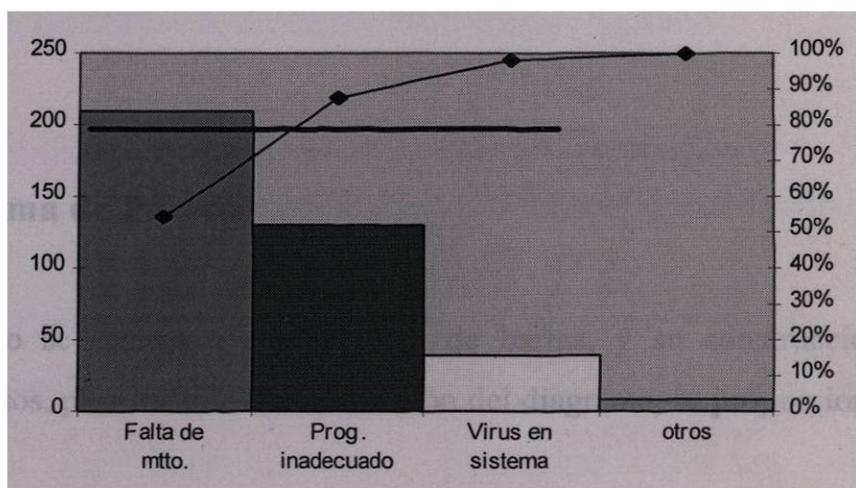
**Tome en cuenta lo siguiente para la elaboración del Diagrama:**

- ◆ No confunda los efectos con las causas.
- ◆ Mantenga una visión colectiva. Cualquier idea, puede ser la clave de la solución del problema
- ◆ Mejore el diagrama permanentemente.
- ◆ Utilice todas las hojas que sean necesarias.

---

# Diagrama de Pareto.

---



No siempre lo que parece ser lo mas aparente, es la causa principal de un problema. Por consiguiente, es necesario identificar los problemas mas importantes a fin de no hacer esfuerzos inútiles.

El **diagrama de Apretó** es la herramienta que va a permitir identificar los problemas reales de mayor importancia, que deben ser enfrentados inmediatamente; es una gráfica que representa en forma ordenada el grado de importancia que tienen los diferentes factores en un determinado problema, tomado en cuenta la frecuencia con que ocurre cada uno de dichos factores.

Esta herramienta fue popularizada por Joseph Juran. En el diagrama de Pareto intervienen dos conceptos que se deben se analizar, Los “**pocos vitales**”, son aquellos pocos factores que representan la parte mas grande o el porcentaje mas alto de un total, y los “**muchos triviales**”, son aquellos numerosos factores

El objetivo del diagrama de Pareto es identificar los “Pocos vitales”, 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

### **Elaboración del diagrama de Pareto.**

El diagrama de Pareto se semeja 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 maquinas. Se decide, entonces, analizar este problema para tomar decisiones encaminadas a solucionarlo

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

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

- Programa inadecuado
- Falta de mantenimiento
- Virus en el sistema
- otros.

**Paso 3:** Establezca el periodo de tiempo dentro del cual se recolectaran los datos: días, semanas, meses,.....

\* Para constatar estas apreciaciones, se decide tomar datos durante el periodo del 8 al 11 de mayo (un turno, en forma aleatoria, de 8 horas en cada uno de los cuatro días)

**Paso 4:** Diseñe una hoja de verificación para la frecuencia con que ocurre cada factor , entro del periodo fijado, especificando el numero total de casos verificados.

**Paso 5:** Con base en los datos de la hoja de verificación, ordene los distintos, factores, conforme a su frecuencia, comenzando con el que se da un numero mayor de veces.

**Paso 6:** Obtenga el porcentaje relativo de cada causa o factor, con respecto al total, la suma de todos los porcentajes debe ser igual a 100%.

**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 supriman las causas principales del problema.

**Paso 8:** Construya el diagrama de Pareto.

- a) En el eje horizontal se anotan las causas de izquierda a derecha, en orden descendente en cuanto a su frecuencia y costo. El eje horizontal izquierdo se gradúa de forma que sirva para mostrar el número de datos observados (la frecuencia de cada causa) . El eje vertical derecho mostrara el porcentaje relativo acumulado.
- b) Trace las barras o rectángulos correspondientes a los distintos factores o causas. La altura de las barras representa el número de veces que se presento la causa, y se dibujan con la misma amplitud, unas tras otras.
- c) 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.
- d) Desde la marca del 80% en el eje vertical derecho, trace una línea hasta la curva que muestra los porcentajes acumulados, y de ahí baje una línea hasta el eje horizontal, para identificar los “pocos vitales. Como cualquier herramienta, el diagrama de Pareto debe acompañarse de información que señale cuál es el problema, las fechas, responsables, lugares, etc...

Cía. :Software Internacional

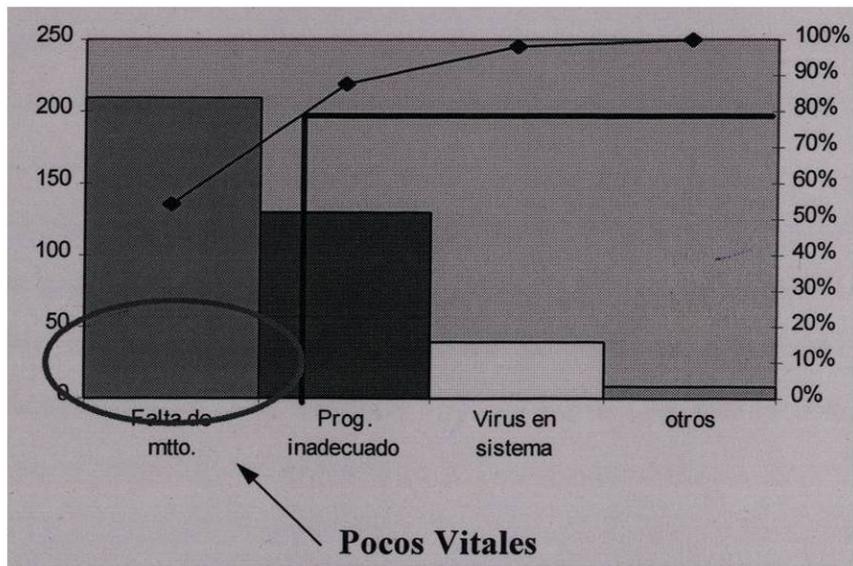
Reporte de:

**Causas de paralización de trabajo**

Responsable: Ing. Raúl Ortega Loera.

Fecha : 12 de Mayo de 1992

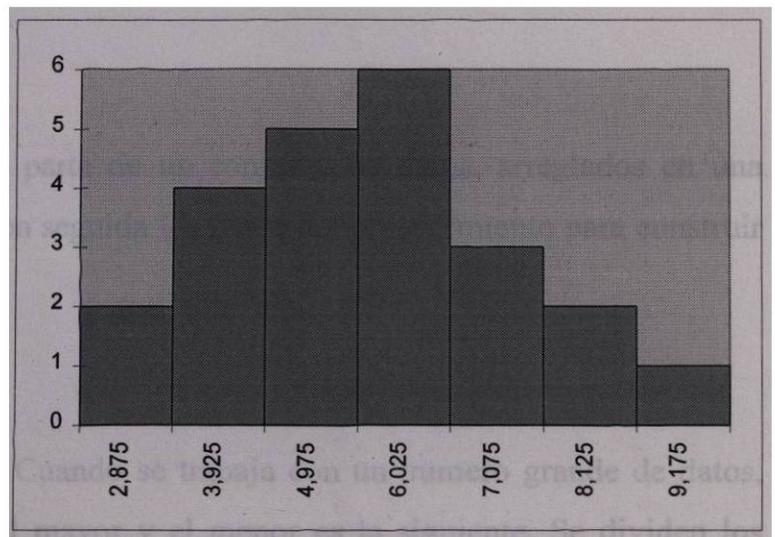
**DIAGRAMA DE PARETO DEL TIEMPO  
DE PARALIZACION DEL TRABAJO  
PERIODO DE OBSERVACION : 8 AL 11 DE MAYO**



---

# 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 en base a ello.

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 “distribución de Frecuencias”.

### **Definición.**

El histograma es una gráfica que resulta de la tabla de frecuencias de datos: está 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 fronteras o límites de todas las clases, correspondientes a la variable bajo estudio. Las barras corresponden 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 frecuencias. Veamos en seguida los pasos del procedimiento para construir el histograma.

#### **Paso 1:**

Obtenga el rango de los datos. Cuando se trabaja con un numero grande de datos, una manera eficiente de identificar el mayor y el menor es la siguiente. Se dividen los datos, de manera tentativa, en algunos grupos. Para cada columna se señala el numero mayor y el menor. Luego se determina : el valor más alto de todos los valores altos y el valor más bajo de todos los mas bajos.

**Paso 2:**

Determine el número de clases.

**Paso 3:**

Determine la amplitud de cada clase.

**Paso 4:**

Establezca los valores límites de cada clase. La frontera inferior de la primera clase es igual al dato menor menos media unidad. La frontera superior se obtiene sumando la amplitud a este valor.

**Paso 5:**

Calcule el punto medio de cada clase. El valor medio de la primera clase está dado por la semisuma de las fronteras.

**Paso 6:**

Calcule las frecuencias absolutas de cada clase. Señale el número de datos en cada clase con una marca. Evite equivocaciones haciendo una doble verificación.

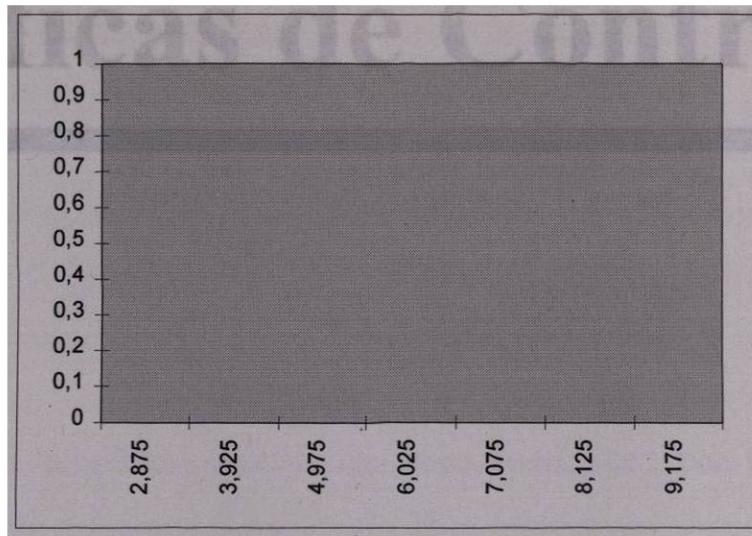
**Paso 7:**

Elabore la tabla de frecuencias. Reuniendo la información anterior.

**Paso 8:**

Graficación del histograma.

A) Dibuje los ejes vertical y horizontal.



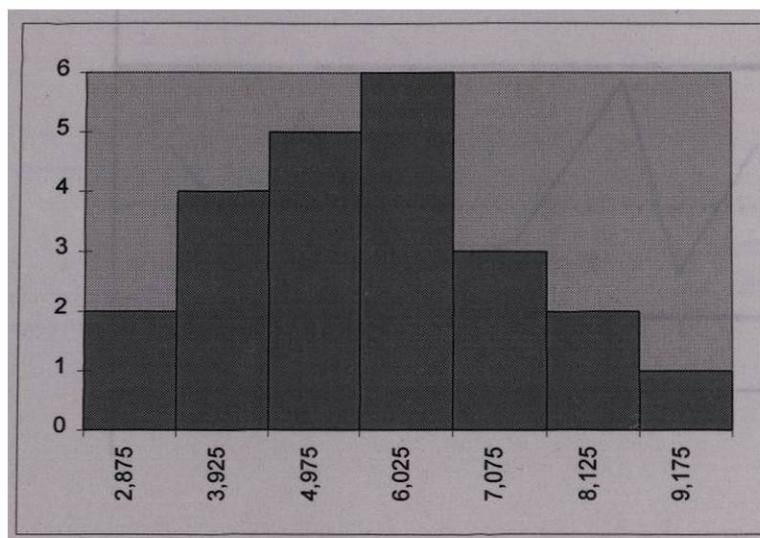
B) El eje vertical se gradúa teniendo la frecuencia máxima.

C) Se toma el número de subdivisiones que se necesiten.

D) En el eje horizontal se representan las clases, las cuales a diferencia de la gráfica de barras, deben estar junto a otra, para asegurar la continuidad de los datos.

E) Tenga en mente que las longitudes de los dos ejes sean mas o menos iguales.

F) Dibuje las barras.



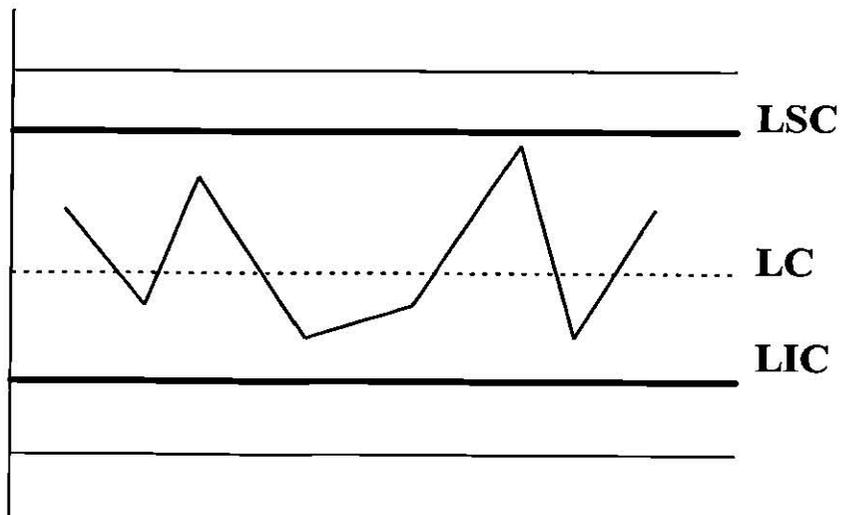
---

---

# Gráficas de Control.

---

---

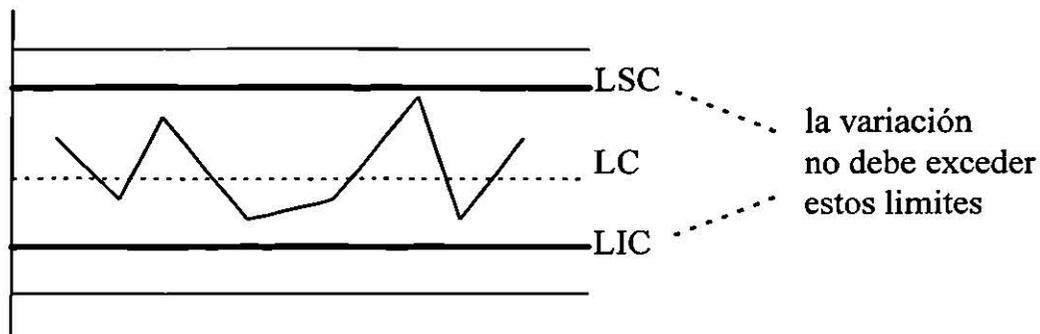


La gráfica de control es un diagrama que sirve para examinar si un proceso se encuentra en una condición estable, o para asegurar que se mantenga en esta condición. En estadística, se dice que un proceso es estable (o esta en control) cuando las únicas causas de variación presentes son las de tipo aleatorio.

Con base en la información obtenida en intervalos indeterminados de tiempo, las gráficas de control definen un intervalo de confianza; si un proceso es estadísticamente estable, el 99.73% de las 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.



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 a mejorado o empeorado.
- Sirve como una herramienta de detección de problemas.

### **Tipos de gráficas de control**

Las gráficas de control se elaboran según el tipo de datos que se recojan en el sitio de trabajo. Los datos que se recopilan en el trabajo pueden ser de dos clases:

- Las gráficas de control por variables (Datos medibles) mas frecuentemente utilizadas son las siguientes:

<b>Gráfica <math>\bar{x}</math>-R</b>	Promedios y rangos.
<b>Gráfica <math>\bar{x}</math>-S</b>	Promedios desviación estándar.
<b>Gráfica <math>\tilde{x}</math>-R</b>	Medianas y rangos
<b>Gráfica X-R</b>	Lecturas individuales y rangos

- Gráficas de control por atributos (Datos contables) mas frecuentemente utilizadas son las siguientes:

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

## **GRAFICAS DE CONTROL PARA VARIABLES.**

### **1) Gráfica $\bar{x}$ -R, de Promedios y rangos.**

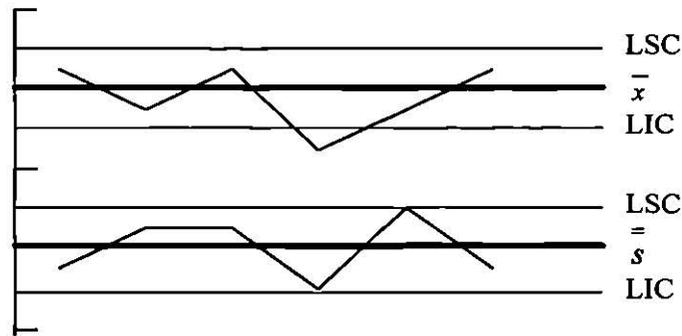
La construcción de una gráfica de promedios y rangos resulta de la presentación simultánea, esto es, formando una unidad, tanto de la gráfica de promedios como la de rangos de los grupos de mediciones que se tengan. Consta, pues de dos secciones: la de la parte superior, que se dedica a los promedios y, la de la parte inferior, que se dedica a los rangos. En el eje vertical, se establecen 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 enumeran las muestras.

Es importantes mencionar que la construcción de la gráfica  $\bar{x}$ -R se inicia con la parte correspondiente a los rangos, pues la gráfica de promedios esta en función del valor del rango medio. Si los rangos no muestran estabilidad, entonces el valor de  $\bar{R}$  que se utilice en los cálculos de la gráfica de promedios no será confiable

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

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

La estructura general, igual que la que presenta la gráfica de medias y rangos, esta 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 de  $n \geq 10$ . 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.

### 3) Gráfica $\tilde{x}$ -R, de medianas y rangos.

La gráfica de medianas y rangos es la herramienta estadística que permite evaluar el comportamiento del proceso a partir de la mediana y del rango. La estructura de esta gráfica es la común a todas las gráficas de control para variables. La parte superior registra el valor medio de la característica de calidad en estudio, y la parte inferior indica la variabilidad de la misma. En este caso la mediana proporciona la medida de tendencia central, y el rango mide la variabilidad del proceso.

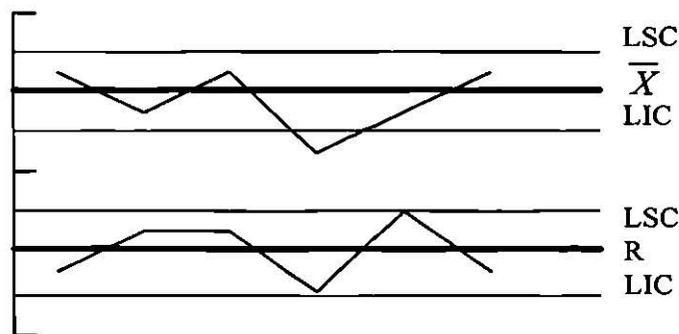
El cálculo de la mediana, así como el del rango, es muy sencillo, de modo que el utilizar esta gráfica para monitorear un proceso es atractivo para el usuario. Se sugiere el uso de esta gráfica en procesos que actualmente muestren estabilidad estadística. Como toda gráfica de control, el usuario obtendrá, de una manera continua, información rápida y eficiente del proceso en interés: ya sea para verificar que el proceso continúa en control o bien para reconocer la aparición de causas especiales de variación.

#### 4) Gráfica X-R, de lecturas individuales y rangos.

En algunos casos la formación de subgrupos para propósitos de control no es una tarea efectiva: ya sea porque la salida de un proceso conlleve un gran intervalo de tiempo, o el muestreo sea destructivo o muy caro, resulta mejor trabajar con unidades individuales de producto.

Lo mismo sucede cuando se cuenta con tecnología de medición automática, que permite una inspección en línea de unidad por unidad, y sobre todo en procesos químicos cuya salida es un lote de relativa uniformidad. En los casos referidos la gráfica de control de lecturas o mediciones individuales es el instrumento estadístico adecuado para controlar un proceso.

Como la gráfica de medias y rangos, la de lecturas individuales se suele acompañar de una gráfica R para monitorear la variabilidad de la característica de calidad bajo estudio, por lo que su estructura general es la siguiente:



## **GRAFICAS DE CONTROL POR ATRIBUTOS.**

Por atributo se entiende lo que no se puede medir con una escala numérica, pues se juzga a través de un criterio mas o menos subjetivo.

Para poder llevar a cabo la clasificación de las características de calidad por atributos se requiere en primer lugar de un **criterio**, que se establece de acuerdo con las normas o estándares. Luego se efectúa una **prueba**, la cual consiste en la operación que se realiza para averiguar la existencia , o no, del criterio establecido. En las operaciones en las que el grado de subjetividad de criterio es mas acentuado, es indudable que cobran especial importancia la intuición y la experiencia de quien aplica el criterio. Por ultimo se toma la **decisión** que determina que calificativo (por ejemplo “pasa” o “no pasa” ) debe darse al producto o servicio.

### **1) Gráfica p: Porcentaje de unidades defectuosas.**

El porcentaje de unidades defectuosas (p) se define como la razón del numero de artículos, trabajos o procesos que se encontraron “defectuosos” (X) dentro de un total examinado (n):

$$p=X/n$$

El porcentaje de productos o servicios defectuosos se expresa como fracción decimal para el calculo de los limites de control. La fracción, sin embargo, se convierte generalmente en porcentaje cuando se transcribe en la gráfica y se usa en la presentación general de los resultados.

Las muestras que se utilizan para elaborar esta gráfica pueden ser de tamaño variable. Las muestras de tamaño grande permiten evaluaciones mas estables del desarrollo del proceso y son mas sensibles a cambios pequeños.

Cuanto mayor sea la muestra y el número de artículos defectuosos permanezca constante, mejor será la gráfica; lo mismo sucede si la muestra permanece constante y el número de artículos defectuosos disminuye.

Los gráficos  $p$  tienen los siguientes objetivos:

- ◆ Averiguar, después de un tiempo de seguimiento, el porcentaje promedio de los productos o servicios con defectos.
- ◆ Poner alerta a la Dirección ante cualquier cambio en el nivel medio de calidad.
- ◆ Descubrir aquellos puntos fuera de control sobre los que se requiere actuar para identificar y corregir las causas de la mala calidad.
- ◆ Descubrir la presencia de causas especiales de variación, ya sea en la forma de puntos fuera de control, o bien de tendencias en los puntos.

## **2) Gráfica $np$ : Numero de unidades defectuosas.**

La gráfica para el número de unidades disconformes es el instrumento estadístico que se utiliza cuando se desea graficar precisamente las unidades defectuosas, y no el porcentaje que estas representan, siendo constante el tamaño de la muestra.

Como en todas las gráficas, es necesario establecer la frecuencia para la toma de datos, teniendo en cuenta que los intervalos cortos permiten una rápida retroalimentación del proceso.

Las muestras deben ser suficientemente grandes, de tal modo que encontremos una o varias unidades defectuosas en cada subgrupo. La experiencia enseña que los tamaños de las muestras no deben ser menores a 50 unidades, aunque este número debe considerarse solo como de referencia. La práctica que desarrollemos en las gráficas nos permitirá determinar el tamaño más apropiado para nuestras situaciones.

Esta gráfica se utiliza para:

- ◆ Conocer las causas que hacen que deban repetirse los trabajos.
- ◆ Obtener el registro histórico de una o varias características de una operación o actividad en un proceso de trabajo.
- ◆ Investigar el curso o tendencia de un defecto o de un grupo de defectos.
- ◆ Detectar causas especiales.

### **3) Gráfica c: Defectos por unidad.**

A diferencia de la gráfica np, que trata de el número de defectos en una muestra, la gráfica c estudia el comportamiento de un proceso considerando el número de defectos encontrados al inspeccionar una unidad de producto e servicio.

La gráfica hace uso del hecho de que un producto o servicio es aceptable aunque presente cierto número de defectos.

**Algunos de los objetivos de esta gráfica son los siguientes:**

- ◆ Reducir el costo de tener que repetir trabajos.
- ◆ Informar a los supervisores y a la administración acerca del nivel de calidad.
- ◆ Determinar que tipo de defectos no son permisibles en un producto o servicio, e informar sobre la probabilidad de ocurrencia de defectos en un área o proceso de trabajo.

Las gráficas c deben usarse solo cuando “el área de oportunidad de encontrar defectos” permanece constante.

#### **4) Gráfica u: Defectos por área de oportunidad.**

La gráfica u es una variación de la gráfica c. Si el área de oportunidad para la ocurrencia de defectos no permanece constante, la gráfica u debe usarse en lugar de la gráfica c, donde cada punto graficado corresponde al valor de:

$$u_j = \frac{c_j}{n_j}$$

siendo  $n_j$  el “tamaño” del área inspeccionada, y  $c_j$  el número de defectos encontrados en estas unidades. Cuando  $n$  es constante, el usuario puede utilizar ya sea la gráfica u o la gráfica c, pero cuando  $n$  varía debe utilizarse la gráfica u.

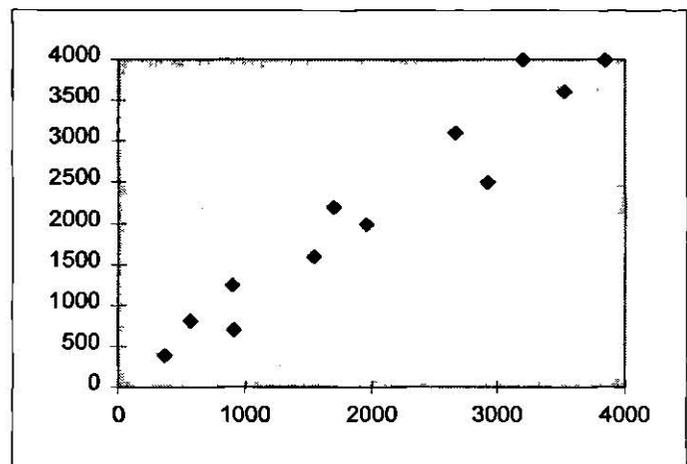
**La gráfica u puede ser usada bajo cada una de las siguientes suposiciones:**

- ◆ Como sustituto de la gráfica c cuando el tamaño muestral contiene más de una unidad de inspección, y se desea graficar el número de defectos por unidad de inspección.
- ◆ Cuando el tamaño muestral varía, de modo que la gráfica c no puede usarse.
- ◆ Límites variables usando tamaños muestrales individuales.
- ◆ Límites constantes usando el promedio del tamaño muestral cuando los tamaños no difieren gradualmente.

---

# 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 que causas deben tratarse en forma prioritaria , a fin de reducir en gran medida el numero de productos defectuosos. Con el propósito de controlar mejor el proceso, y , por consiguiente, de mejorarlo, resulta aveces indispensable conocer la forma como se comportan algunas variables o características de calidad entre si, esto es, descubrir si el comportamiento de unas depende del comportamiento de otras, o no, y en que grado.

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

### **Definición.**

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 mostrar que existe una relación entre una variable y otra.

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.

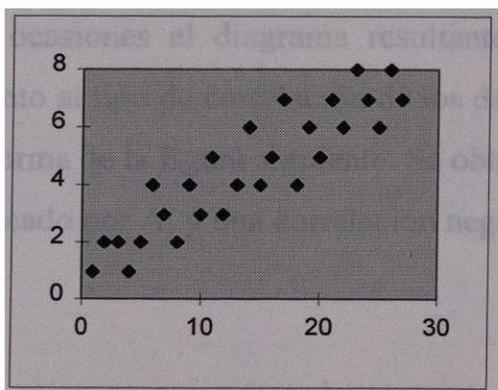
Básicamente, el diagrama de dispersión ofrece los siguientes usos:

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

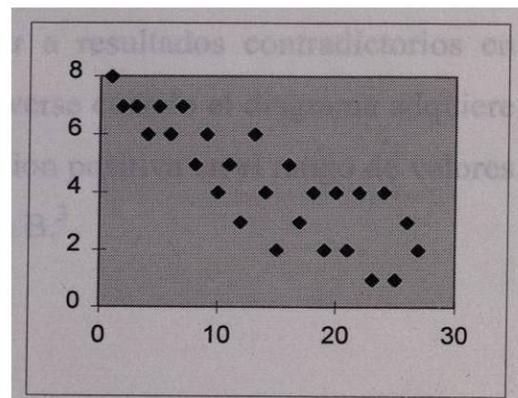
**Lectura y uso del diagrama de dispersión.**

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

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

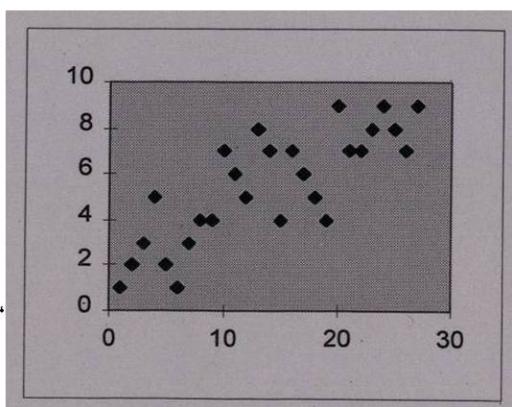


**Correlación Positiva**

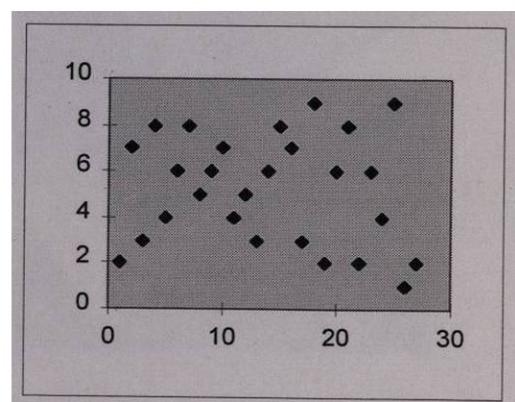


**Correlación Negativa**

- √ 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 el de la derecha no se percibe relación alguna entre los datos, es decir, **no hay correlación**.



**Posible correlación positiva**



**No existe correlación**

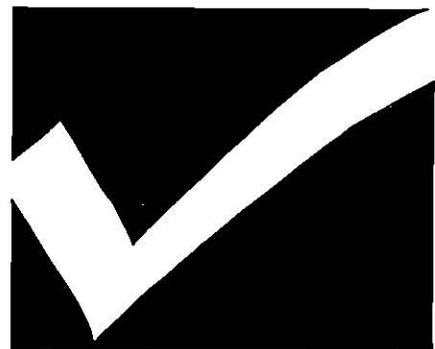
- √ El patrón de puntos puede asumir diversas formas, dependiendo de la relación que exista entre las variables; si el patrón de puntos asume la forma (quizá aproximada) de una línea recta, se dice que existe **correlación lineal** entre las variables.
  
- √ En ocasiones, algunos datos dan lugar a **puntos anómalos**, que se presentan separados del patrón de puntos. El usuario debe dejar fuera del análisis esos puntos, que quizás sean debidos a lecturas equivocadas o a algún cambio en las condiciones del proceso, etc.. Pero se ganara conocimiento de este ultimo para estudiar las causas por las que se presentaron los puntos.
  
- √ En ocasiones el diagrama resultante puede conducir a resultados contradictorios en cuanto al tipo de correlación de los datos. Esto puede verse cuando el diagrama adquiere la forma de la figura siguiente. Se obtiene una correlación positiva en el rango de valores indicado por A, y una correlación negativa en la región B.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Las Siete Herramientas Basicas.

# Conclusiones.

---



Para implementar el Control Total de Calidad en una empresa se requiere que los empleados desarrollen sus acciones de mejora a través de una secuencia de pasos basada en el ciclo de control de calidad, que se denomina “Ruta de la Calidad”. La Ruta de la Calidad proporciona una metodología basada en hechos y datos y esta enfocada hacia la mejora. Al mismo tiempo, la Ruta incluye la elaboración de un informe que se utiliza para hacer la presentación de casos de estudio, los cuales van formando parte de la memoria técnica de la empresa.<sup>4</sup>

La realización de cada uno de los pasos de la Ruta de Calidad requiere del uso de determinadas herramientas de control de calidad. Estas son:

**La Hoja de Verificación** 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.

**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..

**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 diagrama de Pareto** es una herramienta que permite identificar los problemas reales de mayor importancia, que deben ser enfrentados inmediatamente; es una gráfica que representa en forma ordenada el grado de importancia que tienen los diferentes factores en un determinado problema, tomado en cuenta la frecuencia con que ocurre cada uno de dichos factores.

**El histograma** nos ayuda a organizar de manera gráfica un gran volumen de información para observar la forma como se distribuyen los datos según su frecuencia de ocurrencia y tomar decisiones en base a ello.

---

<sup>4</sup> La Ruta de la Calidad.

**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.

**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 mostrar que existe una relación entre una variable y otra.<sup>5</sup>

**Áreas donde se utilizan las 7 herramientas básicas dentro de la ruta de la calidad.**

**Definición del problema:**

Diagrama de Pareto.

**Evaluación del estado actual:**

Diagrama de dispersión.

Histograma.

Hoja de verificación.

Gráfica de control.

**Relación entre causa y resultado.**

Diagrama causa efecto.

**Análisis de Causas.**

Estratificación.

Diagrama de dispersión.

Gráfica de control.

**Evaluación del resultado.**

Gráfica de control.

Diagrama de Pareto.

**Control.**

Hoja de verificación.

Gráfica de Control.<sup>6</sup>

---

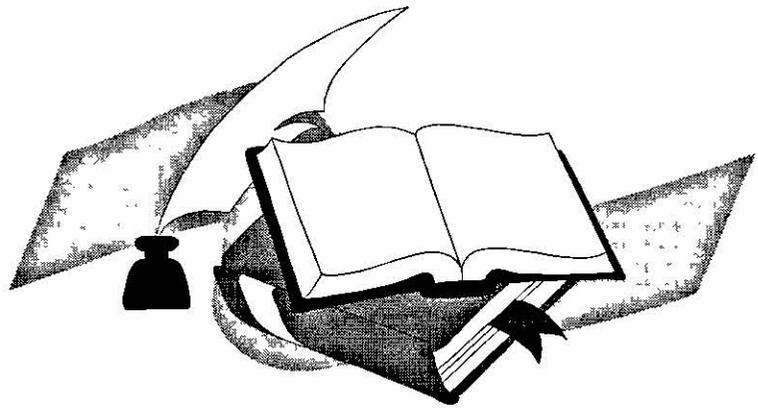
<sup>5</sup> Las Siete Herramientas Básicas.

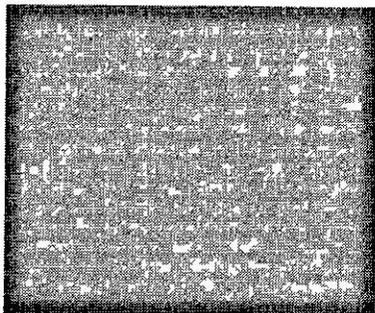
<sup>6</sup> La Ruta de la Calidad.

---

# Bibliografía.

---





**Las Siete Herramientas Básicas.**

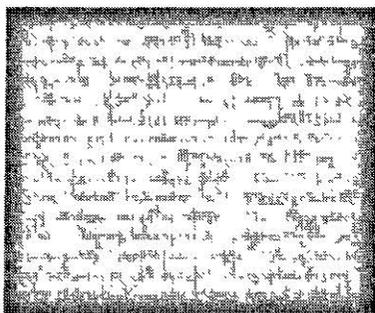
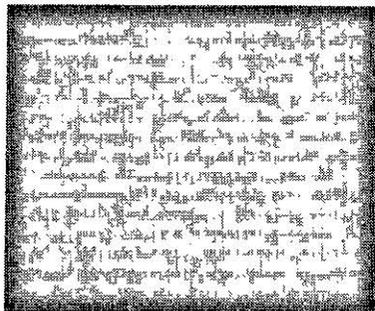
**Dr. Augusto Pozo Pino**

**Ing. Rebeca González Avila.**

**Centro de Calidad**

**ITESM**

**Campus Monterrey (1992)**



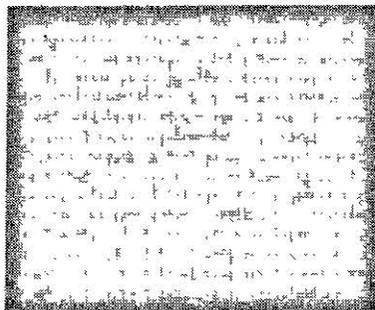
**¿ El por qué de su éxito ?**

**Círculos de Calidad.**

**Felipe J. Arrona H.**

**ICASA**

**México (1993)**



**La Ruta de la Calidad.**

**Dr. Augusto Pozo Pino**

**Ing. Rebeca González Avila.**

**Centro de Calidad**

**ITESM**

**Campus Monterrey (1992)**

