



## **FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M. DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

### **A LOS ASISTENTES A LOS CURSOS**

**Las autoridades de la Facultad de Ingeniería, por conducto del jefe de la División de Educación Continua, otorgan una constancia de asistencia a quienes cumplan con los requisitos establecidos para cada curso.**

**El control de asistencia se llevará a cabo a través de la persona que le entregó las notas. Las inasistencias serán computadas por las autoridades de la División, con el fin de entregarle constancia solamente a los alumnos que tengan un mínimo de 80% de asistencias.**

**Pedimos a los asistentes recoger su constancia el día de la clausura. Estas se retendrán por el periodo de un año, pasado este tiempo la DECFI no se hará responsable de este documento.**

**Se recomienda a los asistentes participar activamente con sus ideas y experiencias, pues los cursos que ofrece la División están planeados para que los profesores expongan una tesis, pero sobre todo, para que coordinen las opiniones de todos los interesados, constituyendo verdaderos seminarios.**

**Es muy importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción al inicio del curso, información que servirá para integrar un directorio de asistentes, que se entregará oportunamente.**

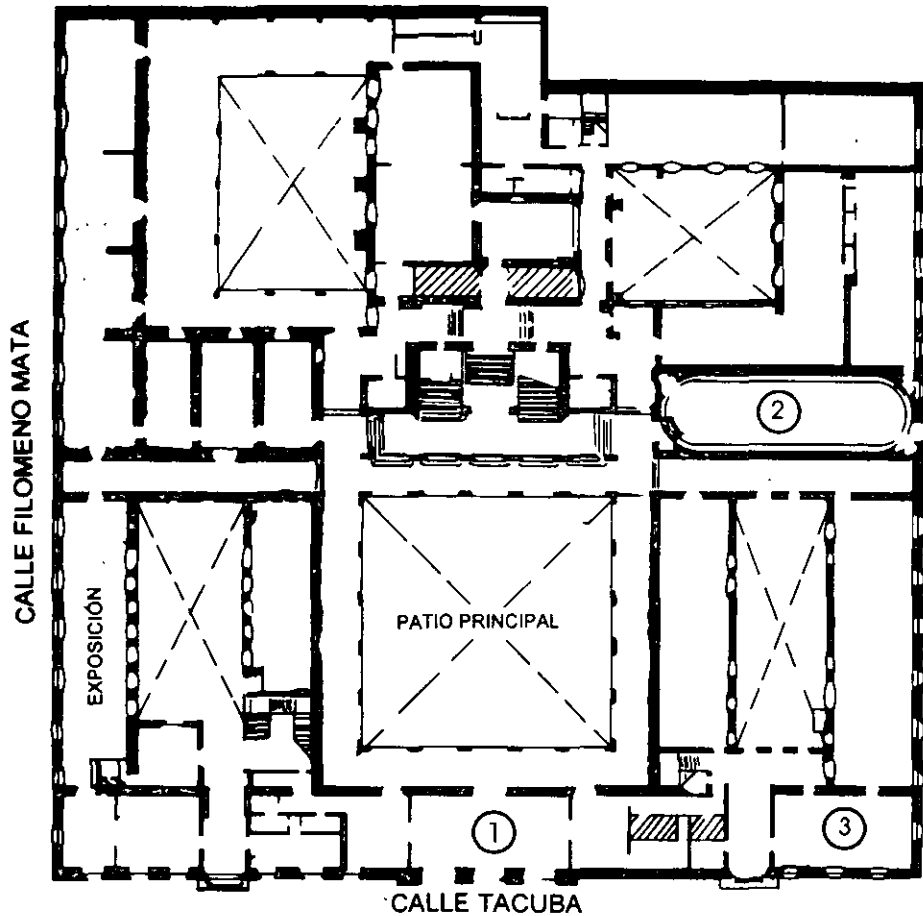
**Con el objeto de mejorar los servicios que la División de Educación Continua ofrece, al final del curso deberán entregar la evaluación a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos.**

**Se recomienda llenar dicha evaluación conforme los profesores impartan sus clases, a efecto de no llenar en la última sesión las evaluaciones y con esto sean más fehacientes sus apreciaciones.**

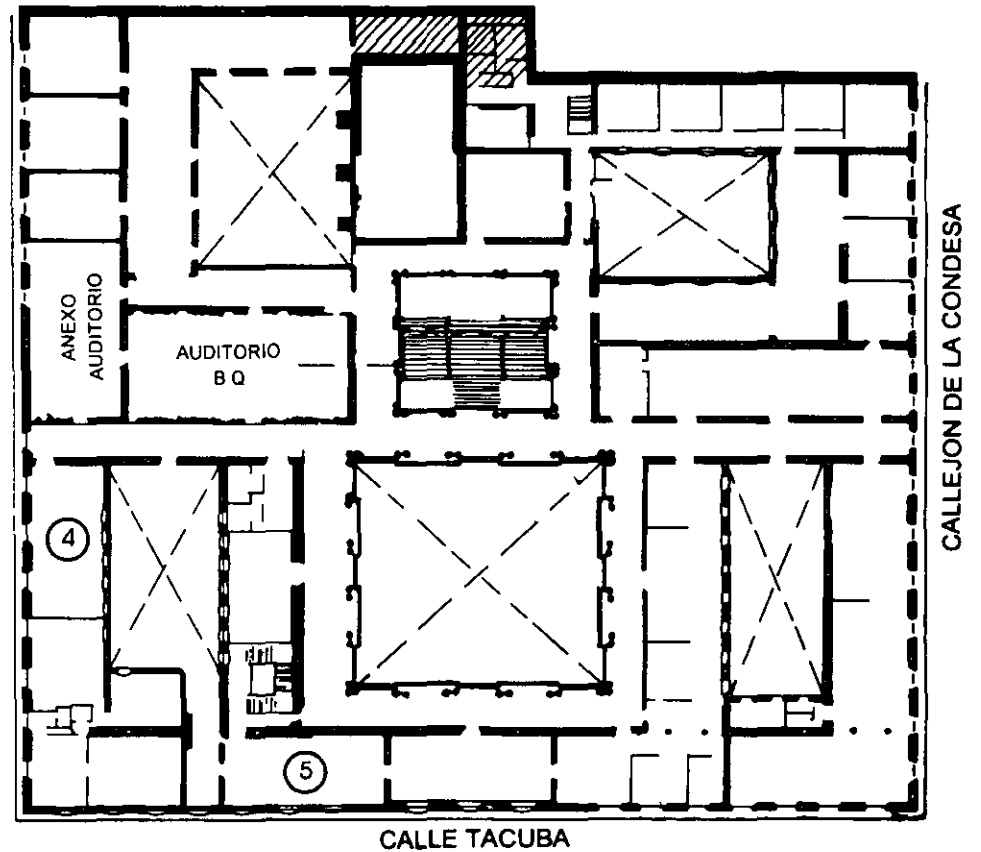
**Atentamente**

**División de Educación Continua.**

# PALACIO DE MINERIA

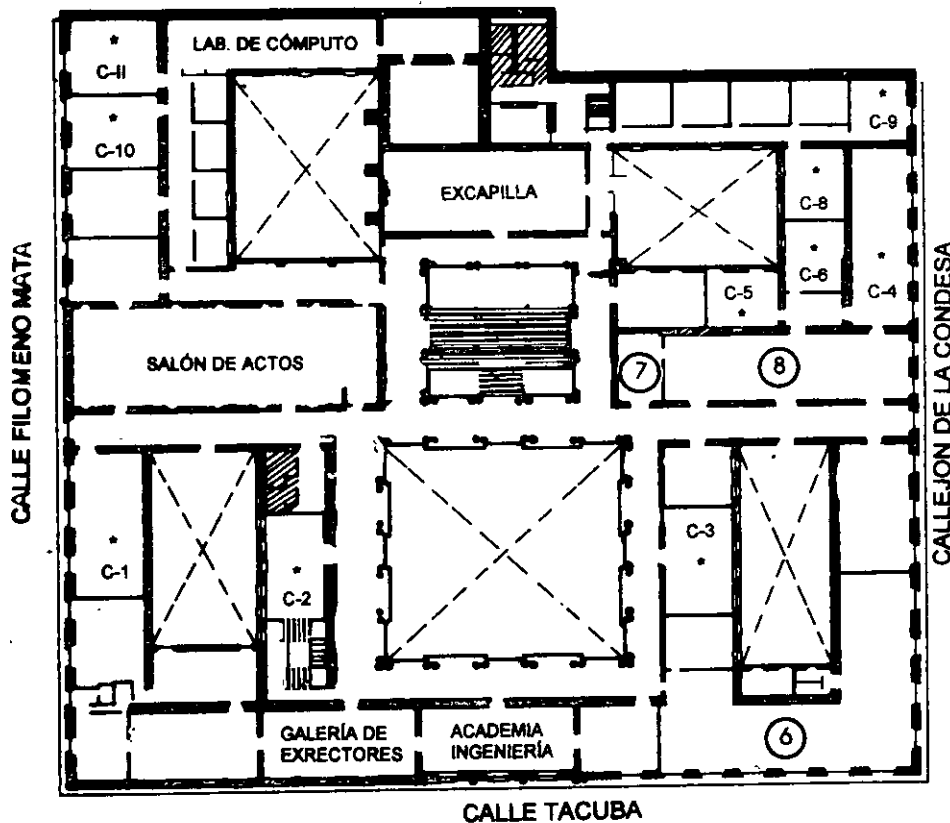


PLANTA BAJA



MEZZANINNE

# PALACIO DE MINERÍA



## GUÍA DE LOCALIZACIÓN

1. ACCESO
2. BIBLIOTECA HISTÓRICA
3. LIBRERÍA UNAM
4. CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN "ING. BRUNO MASCANZONI"
5. PROGRAMA DE APOYO A LA TITULACIÓN
6. OFICINAS GENERALES
7. ENTREGA DE MATERIAL Y CONTROL DE ASISTENCIA
8. SALA DE DESCANSO

SANITARIOS

\* AULAS

**1er. PISO**



DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERÍA U.N.A.M.  
CURSOS ABIERTOS

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA





**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

# **DESARROLLO *EMPRESARIAL***

**DIPLOMADO EN CALIDAD TOTAL Y  
SISTEMA ISO 9000 : 2000**

**MÓDULO III. HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS  
PARA LA CALIDAD**

**Del 18 de mayo al 08 de junio de 2002**

# ***APUNTES GENERALES***

DE-015

**Profesora: Adriana López Rojas  
PALACIO DE MINERÍA  
Mayo - Junio del 2002**

## **MOD. III HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS PARA LA CALIDAD**

### **OBJETIVO:**

Que el participante conozca y maneje las herramientas básicas para representar, interpretar, evaluar y mejorar el desempeño de los procesos administrativos y productivos en empresas e instituciones, a partir de técnicas estadísticas que le permitan recopilar y procesar información para identificar y dimensionar los principales problemas de baja calidad y productividad en su área de trabajo, detectar fallas y factores obstaculizadores de la eficiencia y eficacia de procesos, buscar sus causas, generar e implantar soluciones y llevar un seguimiento y control para asegurarse de que esos procesos puedan desempeñarse dentro de límites de control preestablecidos.

**DURACIÓN: 25 horas**

### **TEMARIO:**

- 1. BOSQUEJO HISTÓRICO DEL CONTROL DE LA CALIDAD.**
- 2. IMPORTANCIA DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS EN LA CALIDAD.**
- 3. SISTEMAS DE CUANTIFICACIÓN Y RECOPIACIÓN DE DATOS EN PROGRAMAS DE CALIDAD, MUESTREO Y ENCUESTAS.**
- 4. MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL Y DISTRIBUCIÓN NORMAL.**
- 5. ÍNDICES DE CAPACIDAD / HABILIDAD DEL PROCESO.**
- 6. HERRAMIENTAS BÁSICAS DE CALIDAD:**
  - 6.1 Hoja de verificación o evaluación.
  - 6.2 Diagrama de Pareto.
  - 6.3 Diagrama causa-efecto.
  - 6.4 Histogramas, estratificación.
  - 6.5 Corridas.
  - 6.6 Gráficas o cartas de control.
- 7. DIAGRAMA DE AFINIDAD Y DIAGRAMA DE ÁRBOL.**
- 8. ESTRATEGIAS DE CALIDAD PARA LA SOLUCIÓN DE LOS PROBLEMAS DETECTADOS Y EL CONTROL DEL PROCESO.**
- 9. IMPLANTACIÓN, SEGUIMIENTO Y CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD Y LA MEJORA CONTINUA.**

## 1. BOSQUEJO HISTÓRICO DEL CONTROL DE LA CALIDAD.

### EL CONCEPTO ANTERIOR DE CONTROL DE CALIDAD.

Hasta hace poco, era práctica común de las empresas, hacer una inspección de los productos antes de enviarlos al mercado, para ver si dichos artículos reunían todos los requisitos, o no. Esta inspección todavía se hace en muchos establecimientos.

La práctica mencionada consiste en lo siguiente:

- Al final del proceso de producción y antes de enviar los productos al mercado se toman muestras de cada lote de artículos producidos por la empresa.
- Si las muestras no tienen defecto, se aprueba todo el lote y se envía al mercado.
- Cuando las muestras indican que hay defectos de fabricación, se revisan todos los artículos, cuando esto es posible, para separar los artículos buenos, de los malos. Si esto no es posible debido a la cantidad de artículos, se rechaza entonces todo el lote.

Al frente de esta inspección final está el departamento llamado "**Control de Calidad**".

De acuerdo con esta práctica tradicional, el control de calidad consiste en una inspección final de los productos terminados, antes de que éstos sean enviados al mercado.

Mas esta práctica tiene graves inconvenientes.

En primer lugar, una inspección final no mejora la calidad del producto sino sólo descubre qué productos son buenos y cuáles no.

Además, la inspección final es costosa, pues implica cubrir:

- Los gastos de un departamento más, el llamado de control de calidad, que en realidad no proporciona ningún valor agregado al producto; y
- Los gastos que resultan de desechar o de volver a procesar los productos defectuosos.

Estos gastos elevan el costo final del producto, a expensas del consumidor.

Este concepto de control de calidad supone que:

- Siempre hay que contar con un número más o menos elevado de productos defectuosos;
- Lo que, a su vez, pone de manifiesto que algo no funciona bien en el sistema de producción y, por tanto, la empresa misma.

### **El profesor Eduardo Deming.**

Un profesor universitario de Estados Unidos de nombre Eduardo Deming, quien ha estado estrechamente ligado con los nuevos conceptos de calidad total, hizo notar los inconvenientes de la teoría tradicional de control de calidad y propuso que, más que inspeccionar qué productos eran buenos o malos, lo que se necesitaba era **controlar que la calidad se introdujera en el proceso**.

El profesor Deming nació a comienzos de este siglo. Se graduó en la Universidad de Wyoming, en donde enseñó ingeniería y física. Después colaboró en el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y dio clases de estadística en la Escuela de Graduados y de Administración de Negocios, de la Universidad de Nueva York.

A partir de 1947 comenzó a viajar a Japón. Al principio lo hizo para participar en estudios de censo y para poner al día los informes relacionados con la fuerza de trabajo, con la nutrición de la población y con la producción agrícola de dicho país. Después, desde 1950, lo ha hecho para enseñar la forma de aplicar la estadística al proceso de producción a fin de mejorarlo constantemente.

Los industriales japoneses comenzaron a llevar a la práctica las enseñanzas del profesor Deming, con resultados cada vez mejores. Como todos sabemos, en todo el mundo se venden actualmente productos japoneses tales como: carros, cámaras fotográficas, electrodomésticos y circuitos integrados, porque tienen muy buena calidad y un precio razonable.

En reconocimiento a la labor realizada por el profesor Deming, en 1951 Japón creó el **Premio Deming**, que se concede, cada año, a alguna empresa japonesa que se ha distinguido por su desempeño en el área del control estadístico de calidad.

No obstante su avanzada edad, el profesor Deming, sigue impulsando el movimiento de la calidad en diferentes países del mundo, dando conferencias, participando en seminarios y asesorando a empresas e instituciones.

Deming hizo ver a los responsables de la industria japonesa que **si, en lugar de una inspección final, se ponía la atención al proceso de producción y se le mejoraba constantemente**, se obtendrían los siguientes resultados:

Por una parte,

**a. Los costos iban a bajar,**

- porque serían menos los errores y, por tanto, menor el número de artículos a volver a procesar o, de plano, a desechar por estar mal hechos;
- y se aprovecharían mejor las máquinas, el tiempo y los materiales.

**b. Con esto, la empresa se volvería más productiva.**

Por otra parte,

**c. La empresa ganaría una porción mayor del mercado para sus productos,** puesto que éstos serían de mejor calidad y tendrían precios más bajos que los productos de los competidores;

**d. Con lo cual, la empresa se consolidaría** en el mundo de los negocios;

**e. Lo que traería como consecuencia la conservación de la fuente de trabajo.**

Comprendemos mejor lo anterior si consideramos un ejemplo.

Una fábrica de puertas de madera se propone mejorar su sistema de producción, al grado de no tolerar ninguna falla en ningún paso del proceso. Si la fábrica logra ésto, entonces no va a tener necesidad de dedicar trabajadores a corregir los defectos, al mismo tiempo que va a aprovechar al máximo los materiales con lo que fabrica dichas puertas. Los resultados de este proceso de mejoramiento van a ser los siguientes:

- a. Bajan los costos de producción; y
- b. Los artículos salen de mejor calidad.

Hay que tener en cuenta que los errores y defectos son costosos; y que entre más lejos llegue un error sin ser detectado, mayor será el gasto a hacer para corregirlo.

Cuando estas puertas salgan al mercado, los clientes las van a preferir por su precio y por su calidad. En esta forma, la empresa:

- c. Va ir ganando cada vez mayor terreno en el mercado;
- d. Se consolidará como una empresa de productos de calidad;



- e. Con lo que los trabajadores van a salir ganando, puesto que aseguran su fuente de trabajo.

Los industriales japoneses y de otras partes del mundo que han tomado como guía este punto de partida y han actuado en consecuencia, han confirmado con su experiencia que es correcta la forma de pensar de Deming.

## ¿QUÉ ES EL PROCESO?

**Se llama proceso a la serie de pasos que hay que dar para obtener un resultado.**

Nuestra vida diaria está llena de procesos, desde el hecho de levantarnos, ir a la oficina o al lugar de trabajo, ir de vacaciones, hasta descansar por la noche.

De igual manera, las fábricas y las instituciones de servicio tienen que desarrollar una serie de pasos para fabricar el producto o prestar el servicio.

En los sistemas de producción, el concepto de proceso implicará además la combinación de personas, maquinaria, materia prima y procedimientos; factores todos ellos que tienen que ver con la producción de un determinado producto o la prestación de un servicio. El proceso se suele representar gráficamente por un rectángulo con un flecha al lado izquierdo que indica la entrada de los insumos, y una flecha al lado derecho que indica salida, esto es, el resultado o producto del proceso.

Pues bien, de acuerdo con la filosofía de la calidad total hay que dirigir la atención al proceso y mejorarlo constantemente para tener buenos resultados. En esta forma, **más que inspeccionar** ¿qué productos tienen la calidad deseada?, **ésta se introduce** tanto en el diseño del producto como en el proceso de su fabricación.

## ¿QUÉ SE ENTIENDE POR CONTROL DE CALIDAD, EN LA FILOSOFÍA DE LA CALIDAD TOTAL?

Usamos la palabra “**control**” en diferentes situaciones.

Hablamos de “**controles**” de un aparato de sonido, ya que manipulando dichos botones podemos ajustar el volumen, el tono, la salida hacia las bocinas.

Cuando decimos que una situación **está bajo control**, queremos significar que:

- Tenemos datos suficientes para definir la gravedad de una situación dada, por ejemplo, la inundación de una parte de la ciudad y que;

- En alguna forma, contamos con los recursos para salir al frente de dicha situación.

De una manera general podemos, decir que con la palabra “**control**” queremos expresar:

- Que está al **alcance de nosotros** el que algo suceda (por ejemplo. determinado volumen de un sonido)
- Que **verificamos** si algo sucede de acuerdo con lo que tenemos previsto.
- Así como también que **estamos atentos** a que una determinada situación no quede fuera de nuestro alcance.

**En los sistemas de producción, la expresión control de calidad designa la actividad mediante la cual verificamos y vigilamos que todo el proceso de producción, desde el diseño hasta la salida al mercado se lleve a cabo de acuerdo con los estándares o especificaciones de calidad.**

Se llaman estándares o especificaciones a los valores establecidos a los cuales deben ajustarse los productos y los procesos de su fabricación.

En el ejemplo de la fábrica de puertas de madera, hay o debe haber especificaciones de las medidas de la madera y de los clavos; de la composición química del producto en el que se ensambla; y de la pintura que se utiliza.

Si en el concepto tradicional de control de calidad, el significado de la palabra “control” se reducía a la actividad de inspeccionar; en el nuevo concepto de control de calidad, **control significa prevenir y, por tanto, utilizar todas las medidas o recursos para vigilar y verificar que todo el proceso de producción se ajusta a los estándares establecidos.**

## DEFINICIONES DE CONTROL DE CALIDAD.

En 1950, Deming definió el control estadístico de calidad como *“la aplicación de principios y técnicas de la estadística a todas las etapas de la producción, con el propósito de lograr que el producto se fabrique en la forma más económica posible que resulte muy útil y que tenga mercado.”*

Juran, otro autor muy importante en cuestiones de calidad total, define el control de calidad como *“el proceso de ajuste mediante el cual medimos el actual desempeño de la calidad, lo comparamos con estándares y percibimos la diferencia de dicho desempeño y los estándares.”*

Para los Estándares Industriales Japoneses (JISZ 8101) control de calidad es *“el sistema de medios con el cual resulta económica la calidad de los productos o*

*servicios para salir así al frente de los requerimientos del comprador. Dado que el control de calidad moderno hace uso de técnicas estadísticas, con frecuencia se le llama también control estadístico de calidad."*

Para los Estándares Nacionales (ANSI Z1.7 1971) de Estados Unidos, el control de calidad son *"las técnicas operacionales y las actividades que dan apoyo a la calidad de un producto o servicio que satisfaga determinadas necesidades; también se designa con este nombre al uso de dichas técnicas y actividades."*

El Comité del Premio Deming define el control estadístico de la calidad como *"un sistema de actividades destinadas a asegurar la calidad de los productos y servicios; sistema que permite producir y vender en forma económica los productos y servicios con la calidad requerida por los consumidores. El aseguramiento de la calidad se logra no sólo atendiendo al proceso y al envío, sino también conociendo con precisión la calidad requerida por los consumidores de tal manera que el mismo producto se planea y se diseña en conformidad con la calidad requerida; y se manufactura en el proceso de producción de conformidad con la calidad del diseño. Consiguientemente, son responsables de dicho nivel de calidad, incluyendo la confiabilidad, no sólo los directamente encargados de la calidad del producto, sino también los demás departamentos de la compañía, lo mismo que la administración.*

Por esto, para obtener el premio Deming son puntos de evaluación:

- Si hay desarrollo de nuevos productos;
- La forma como se desempeña el departamento de investigación;
- Los criterios que se toman en cuenta para adquirir la materia prima;
- La manera de instalar y administrar el equipo;
- El sistema de subcontratación; y
- Los programas de educación y entrenamiento del personal.

## **EJERCICIOS:**

- 1.- ¿Qué significa la palabra "proceso"?
- 2.- Enumera 5 procesos que tienen lugar comúnmente en el hogar.
- 3.- Enumera 5 procesos que tienen lugar en la escuela.
- 4.- Describe el proceso en el cual participas en la empresa donde trabajas.
- 5.- Escoge un proceso de los que mencionaste e identifica ¿qué mejoras se pueden hacer para obtener resultados mejores.?

## 2. IMPORTANCIA DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS EN LA CALIDAD.

LA ESTADÍSTICA AL SERVICIO DEL CONTROL DEL PROCESO.

CONCEPTOS ELEMENTALES DE ESTADÍSTICA.

¿Qué es la estadística?

La estadística es la ciencia que trata de los métodos para analizar datos o características de éstos. Utiliza métodos científicos para la recolección, presentación y análisis de los datos.

El valor de la estadística estriba en que proporciona información valiosa para la toma de decisiones. La vida moderna no puede ya pensarse sin la estadística. Con base en ella, las autoridades gubernamentales calculan el número de escuelas que el país va a necesitar en un determinado tiempo. Es sabido también que las compañías aéreas venden algunos boletos de más, porque con estadística saben que siempre hay un número mínimo de cancelaciones en cada vuelo.

La estadística es **descriptiva**, cuando reúne simplemente los datos. Es **inferencial**, cuando a través de los datos llamados muestras conduce a conclusiones sobre poblaciones.

## 3. SISTEMAS DE CUANTIFICACIÓN Y RECOPIACIÓN DE DATOS EN PROGRAMAS DE CALIDAD, MUESTREO Y ENCUESTAS.

**Población.**

Se llama **población** al conjunto de personas o cosas que es objeto de un estudio estadístico.

**Muestra:**

Debido a que, en la mayoría de los casos, no es posible hacer el estudio tomando en consideración todos y cada uno de los elementos de la población, se examinan entonces pequeños subconjuntos de dicha población, a los que se les designa con el nombre de **muestra**.

Esto tiene lugar en los sistemas de producción. Como veremos más adelante , se toman muestras de los productos de un proceso y con base a estas muestras se determina el comportamiento de un proceso.

### **Tipos de datos.**

Los datos que se analizan para el control estadístico del proceso pueden ser de dos clases: *variables o atributos*.

Son **variables** los datos relacionados con las mediciones:

- Ejemplo: anchura, peso, dureza, por ciento de rendimiento, punto de ebullición, presión, etc.

Son **atributos** los datos relacionados con la calidad de los elementos del conjunto, con la frecuencia y con el conteo.

\*Ejemplo: bolsas de plástico con agujeros y sin agujeros; número de errores de tipografía por página, errores por semana en las facturas.

## **4. MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL Y DISTRIBUCIÓN NORMAL.**

### **Distribución:**

En toda población varían los valores de los datos individuales; sin embargo, como grupos, los datos frecuentemente siguen un patrón o esquema.

Se llama **distribución** precisamente a esta forma que toman los datos; forma que se proyecta en diagramas tales como el histograma y la estratificación.

Estos diagramas ponen de manifiesto que las distribuciones difieren en su figura, en su ubicación a lo largo de un eje horizontal y en su amplitud, como se verá más adelante.

## **OPERACIONES MATEMÁTICAS MÁS FRECUENTES PARA EL CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO.**

La estadística se basa en conjuntos de números, los cuales con frecuencia es conveniente resumir de alguna manera, para extractar más fácilmente la información relevante para la toma de decisiones.

Es cierto que este trabajo de resumen hace que se pierdan detalles de la información; sin embargo, pone de manifiesto características específicas de los datos que son los que pueden interesar en un momento determinado.

La estadística usa, entre otros, dos tipos de presentación sumaria de datos. Una de estas presentaciones sumarias expresa la **tendencia central** de dichos datos; mientras que la otra informa sobre el **grado de variación** que se da entre ellos.

Para el control estadístico del proceso, las medidas más usuales de la tendencia central son el **promedio y la mediana**; las medidas relacionadas con el grado de variación que más interesa conocer son el **rango** y la **desviación estándar**.

### **Medidas para identificar la tendencia central.**

#### **El promedio.**

El promedio es una de las medidas que se usan con mucha frecuencia para identificar la tendencia central, que es el punto de equilibrio, de un conjunto de números:

Dado un  $X$  número de datos, el promedio es la cifra que resulta de dividir la suma de dichos valores entre el número de datos.

Dado que los valores de un conjunto de datos se expresan con el símbolo  $X$ , el promedio se expresa con una  $\bar{X}$ .

Para calcular el promedio, sólo hay que hacer las dos operaciones siguientes:

- 1.- Sumar todos los valores.
- 2.- Dividir el resultado de la suma por el número de datos.

Ejemplo:

Datos

5	7	8	10	12
6	3	15	9	20

Suma de los datos:

$$5+7+8+10+12+6+3+15+9+20=95$$

$n=10$ , puesto que son 10 datos.

$$X=95/10$$

$$X=9.5$$

Decimos entonces que el promedio ( $\bar{X}$ ) es 9.5.

### **La mediana.**

La mediana es otra medida que localiza el centro de un conjunto de datos. La mediana los separa en dos mitades, siendo la mediana el valor que está en el centro de estas dos mitades.

Con frecuencia la mediana se acerca al promedio, excepto cuando los datos se sesgan demasiado de un lado a otro.

Pasos para calcular la mediana:

1.- Se acomodan los datos por orden numérico.

2.- En seguida, se procede a encontrar el valor que está en el centro del conjunto de los datos ordenados.

\*Si el conjunto tiene una cantidad impar de datos, el número que queda a la mitad es el valor medio.

Ejemplo: 2,4,6,8,10. La mediana es el número 6.

\*Si el conjunto tiene una cantidad par de números, se toman los dos del centro y la mediana se determina obteniendo el promedio de estos dos valores intermedios.

Ejemplo: 2,4,6,8,10,12. La mediana es el promedio de los números 6 y 8, esto es, el número 7.

3.-La mediana se expresa con el símbolo  $\tilde{X}$ .

### **Medidas de dispersión.**

El rango.

El rango es la medida más sencilla de dispersión para un conjunto de datos. Se obtiene restando a la cantidad máxima la cantidad mínima.

Su símbolo es **R**.

Ejemplo:

Datos:

5	7	8	10	12
6	3	15	9	20

Valor máximo: 20

Valor mínimo: 3

Rango=valor máximo-valor mínimo

$R=20-3$

$R=17$

Puesto que el rango depende sólo de dos valores, esta medida estadística de dispersión se prefiere para casos en los que se trata de un número reducido de datos, menos de 15 datos. Se utiliza con mucha frecuencia en el control estadístico del proceso debido a que en este control se manejan, por lo general, conjuntos de pocos números.

Cuando el número de datos es mayor, esta medida de dispersión resulta inadecuada. En estos casos se usa la desviación estándar.

La desviación estándar.

La desviación estándar, cuyo símbolo es una **S**, utiliza toda la información relacionada con la dispersión que se da en los datos.

La desviación estándar se calcula en 5 pasos.

Paso 1. Se obtiene el promedio de los datos.

Paso 2. Se encuentra la desviación de cada valor con respecto al promedio; lo cual se hace restando a cada valor la cantidad promedio.

Paso 3. El paso siguiente consiste en resumir esta información en un número. Como el promedio de estas desviaciones siempre será cero, ya que las desviaciones positivas cancelan siempre a las negativas, se modifican estas desviaciones, elevándolas al cuadrado.

Paso 4. Se encuentra el promedio del cuadrado de las desviaciones, sumando todos los valores y dividiendo la suma entre el número de datos menos uno.



Paso 5. Se saca raíz cuadrada de la cantidad que resulta de esta resta; el resultado es el valor de la desviación estándar.

Puesto que la desviación estándar toma en cuenta toda la información contenida en los datos acerca de la dispersión; se le considera como la medida estadística de dispersión más eficiente.

Ejemplo: Consideremos los valores mencionados anteriormente:

Paso 1. Promedio  $X = 9.5$

Paso 2. Desviación de cada valor :

$5 - 9.5 = -4.5$	$6 - 9.5 = -3.5$
$7 - 9.5 = -2.5$	$3 - 9.5 = -6.5$
$8 - 9.5 = -1.5$	$15 - 9.5 = 5.5$
$10 - 9.5 = 0.5$	$9 - 9.5 = 0.5$
$12 - 9.5 = 2.5$	$20 - 9.5 = 10.5$

Paso 3. Comprobación de que las sumas de las desviaciones es = 0:

$$(- 4.5) + (- 2.5) + (- 1.5) + - 0.5 + 2.5 + (- 3.5) + (- 6.5) + 5.5 + (- 0.5) + 10.5 = 0$$

Elevando cada desviación al cuadrado:

$(- 4.5)^2 = 20.25$	$(- 3.5)^2 = 12.25$
$(- 2.5)^2 = 6.25$	$(- 6.5)^2 = 42.25$
$(- 1.5)^2 = 2.25$	$( 5.5)^2 = 30.25$
$( 0.5 )^2 = 0.25$	$(- 0.5)^2 = 0.25$
$( 2.5 )^2 = 6.25$	$(10.5)^2 = 110.25$

Paso 4.  $20.25 + 6.25 + 2.25 + 0.25 + 6.25 + 12.25 + 42.25 + 30.25 + 0.25 + 110.25 = 230.50$

$$n=10$$

$$n-1=9$$

$$\begin{aligned} X \text{ desviaciones} &= 230.5/9 \\ X \text{ desviaciones} &= 25.611 \\ \text{Paso 5: } S &= (25.611)^{1/2} \\ S &= 5.06 \end{aligned}$$

La desviación estándar (s) = 5.06

FÓRMULA:

$$S = (s^2)^{1/2}$$

## 5. INDICES DE CAPACIDAD / HABILIDAD DEL PROCESO.

CONCEPTO DE HABILIDAD:

El que un proceso esté en control estadístico significa:

- Que no existen causas especiales de variación;
- Que si éstas existieron fueron identificadas y eliminadas;
- Por tanto, al no existir de momento causas especiales, puede predecirse el comportamiento futuro del proceso, pues éste se comporta en forma consistente.

Más el hecho de que un proceso esté dentro de control estadístico no implica que sus productos cumplan con las especificaciones. Un proceso consistente puede ser consistentemente bueno o consistentemente malo, según que sus productos cumplan o no con las especificaciones. Por eso, además de que el proceso sea consistente se requiere que sea **hábil**.

**La habilidad del proceso es la capacidad que éste tiene de producir unidades dentro de los límites de especificación.**

Se dice que el proceso es **hábil**, cuando sus productos cumplen con las especificaciones. La habilidad del proceso aumenta en la medida en que sus productos se concentran en torno al valor central de las especificaciones.

## LAS ESPECIFICACIONES:

En todo proceso de fabricación se establecen:

- Un **valor central**, que es la medida óptima deseada que deben tener las unidades que se producen; por ejemplo, un litro exacto en el envasado; un espesor de 5 cm., etc.
- Y un **ámbito de tolerancia**, pues se tiene en cuenta que todo proceso inevitablemente tiene variación. La amplitud que puede tener este ámbito de tolerancia depende del tipo de producto final para el que se destinan las unidades que se fabrican. Entre más fino sea el artículo, menor es el ámbito de tolerancia de las medidas de las piezas. El producto químico tiene mayor calidad entre menor sea el ámbito de tolerancia de sus características.

Lo anterior se expresa con el concepto de **especificaciones**.

**Las especificaciones son las medidas que determinan tanto el valor central, como los límites que debe tener el ámbito de tolerancia en ambos lados del valor central. Se asume que la unidad que se fabrica fuera de dichos límites es ya un producto defectuoso.**

Así surge la necesidad de que el fabricante dirija su atención en vigilar que el proceso sea hábil, esto es, vigilar:

- Que los productos de dicho proceso estén dentro de los límites de tolerancia.
- Y, más aún, que el proceso se centre en torno al valor central.

## GRÁFICA DE HABILIDAD.

El que se establezcan especificaciones, obliga a examinar si los resultados de un proceso van de acuerdo con dichas especificaciones o no.

El procedimiento para presentar gráficamente el grado de habilidad del proceso es el siguiente:

Paso 1. Se traza una línea horizontal, la que se gradúa en tal forma que sirva para ubicar en ella el histograma de los datos obtenidos de las muestras.

Paso 2. Se señala con claridad en dicha línea dónde se ubica el valor central de las especificaciones, que es el valor óptimo, y donde los límites inferior y superior de las especificaciones.

Paso 3.- Se trazan dos líneas verticales que caen a los lados de la línea horizontal, equidistantes del valor central, que señalan los límites de especificación. El límite inferior de especificación (LIE) se coloca a la izquierda; el límite superior de especificación (LSE) se coloca a la derecha.

Paso 4.- Se coloca el histograma de los datos de las muestras sobre la línea horizontal graduada, de tal manera que quede de manifiesto la distribución de dichos datos en relación con el valor central y con los límites de especificación.  
¿Iguala justamente la anchura de los límites de especificación?

## **6. HERRAMIENTAS BÁSICAS DE CALIDAD.**

Las gráficas son también presentaciones sumarias de un conjunto de datos.

Expresan aspectos relevantes de la información sirviéndose de figuras geométricas, lo cual las hace instrumentos de comunicación más interesantes que las presentaciones numéricas sumarias. Ambos tipos de presentación, sin embargo, se complementan entre sí.

Tanto las presentaciones numéricas sumarias como las gráficas tienen como punto de partida el conjunto de datos, que es donde radica toda la información. Por eso, es muy importante tener en cuenta las dos recomendaciones siguientes:

1.- Los datos originales deben presentarse en tal forma que se conserve la evidencia contenida en ellos, evidencia que se supone es de utilidad para la toma de decisiones. Cuando se observa esta recomendación, siempre será posible interpretar los datos en su contexto original.

2.- Las expresiones sumarias, sean numéricas (promedios y rangos) o gráficas (histogramas), nunca deben maquillar los datos. Estos no deben manipularse, ni con añadiduras, ni con omisiones.

Se consideran herramientas básicas para el control estadístico del proceso, entre otras, las 12 siguientes:

- 1.- Diagrama de flujo.
- 2.- hoja de verificación.
- 3.- Diagrama de Pareto.
- 4.- Diagrama de causa-efecto.

- 5.- Estratifificación.
- 6.- Diagrama de dispersión.
- 7.-Histograma.
- 8.- Corridas.
- 9.- Gráficas de control.
- 10.- Análisis de campos de fuerza.
- 11.- Diagrama de afinidad.
- 12.- Diagrama de árbol.

De acuerdo con algunos de sus usos más frecuentes, estas herramientas pueden clasificarse de la manera siguiente:

- a. Herramienta para la recolección de datos:
  - Hojas de verificación.
- b. Herramientas que presentan relaciones y que promueven el que la organización unifique sus puntos de vista:
  - Diagrama de flujo.
  - Diagrama de Pareto.
  - Diagrama de causa-efecto.
  - Diagrama de dispersión.
  - Análisis de campos de fuerza.
- c. Herramientas que resumen los datos en orden a una comunicación eficaz del contenido relevante de dichos datos:
  - Histogramas.
  - Corridas.
  - Estratifificación.
- d. Herramientas que, además de lo anterior, permiten identificar si el proceso está bajo control estadístico o no:
  - Gráficas de control.
- e. Herramienta que permite organizar las ideas:
  - Diagrama de afinidad.
- f. Herramientas que permiten organizar los pasos de un proceso:
  - Diagrama de flujo.

## 6.1 HOJA DE VERIFICACIÓN O EVALUACIÓN

**La hoja de verificación es una gráfica mediante la cual se representa las veces que ocurre un determinado evento en un determinado periodo.**

Con la hoja de verificación comienza el proceso de analizar la realidad; análisis que se hace tomando en cuenta como base datos y no opiniones.

Su elaboración se hace en dos etapas:

### **En la primer etapa, se diseña la hoja de verificación**

Quien la diseña debe:

- Identificar con exactitud el evento que va a ser objeto de observación.
- Decidir el periodo durante el cual se van a tomar los datos. Éste puede variar de horas a semanas.
- Diseñar un formato que sea claro y fácil de usar, con espacio suficiente para registrar los datos.

### **En la segunda etapa, se llena la hoja de verificación con los datos.**

Quien llena la hoja de verificación debe:

- Proceder con atención a fin de recoger con exactitud los datos.
- Transcribirlos sin alteraciones.

Esquema de una hoja de verificación.

Ejemplo: Evaluación del trabajo mecanográfico de una secretaria.

Se pretende identificar qué errores comete y cuáles con mayor frecuencia. Los datos se toman durante los 3 primeros días del mes de marzo.

### **Procedimiento a seguir para diseñar una hoja de verificación:**

Paso 1.- Se redacta el encabezado de la hoja de verificación describiendo:

- El hecho que se quiere inspeccionar, y
- Los demás datos necesarios (fechas, personas, departamentos, maquinaria, etc.) para determinar con exactitud el hecho a ser inspeccionado.

Paso 2.- Se diseña la gráfica tomando en cuenta el propósito de la hoja de verificación.

Este propósito puede ser:

- a. Verificar medidas o aspectos similares del producto que es resultado del desempeño de una máquina o de un trabajador
- b. Llevar registro de defectos, como es el caso del ejemplo mencionado de los errores mecanográficos.
- c. Llevar registro de la localización donde ocurren los defectos, por ejemplo, una despostilladura de un plato.  
En este caso se dibuja el objeto para señalar en el dibujo el lugar donde ocurren los defectos.
- d. Hacer el registro de que se llevarán a cabo todos los pasos de un proceso o acciones de un programa.
- e. Verificar si después de haber emprendido una acción correctiva, ha habido mejoras. En este caso, se usa el mismo tipo de hoja de verificación que se empleó para inspeccionar los defectos, su frecuencia y su localización, para poder hacer la comparación.

### **Ejercicios.**

Elabora hojas de verificación:

1. Para documentar el paso de vehículos en una calle o esquina durante diferentes horas del día.
2. Para documentar las causas de las distracciones durante una hora de clase, y su frecuencia.
3. Para documentar los retrasos de alguna persona durante un período determinado.

## **6.2 EL DIAGRAMA DE PARETO**

Vilfredo Pareto fue un economista y sociólogo Italiano, de comienzos de este siglo, que se interesó en estudiar el ingreso económico de los países.

El fue quien enunció el principio de que el 20% de los problemas es la causa del 80% de los dolores de cabeza. Esto quiere decir, que las oportunidades más importantes de mejoramiento (80%) se centran en la resolución de unos cuantos problemas (20%).

Con base en este principio se elabora el diagrama que lleva su nombre y que sirve para mostrar, en forma gráfica, qué problemas se presentan en una determinada situación y cuál es su importancia. Este diagrama, por tanto, ayuda a determinar en qué orden hay que resolverlos.

Pasos para la elaboración del diagrama de Pareto.

1.- Se selecciona el área, tema o punto, cuyos problemas se quiere identificar.

Ejemplo: los problemas que presenta el servicio de un restaurante.

2.- Se seleccionan los aspectos involucrados en el tema.

Ejemplo: en el caso del restaurante son aspectos involucrados en quejas de los clientes relacionados con:

- La lentitud con que son atendidos.
- La falta de sazón de los alimentos.
- La poca variedad de platillos.
- La mala presentación de éstos.
- La falta de aseo.

3.- Se selecciona el periodo a ser estudiado.

En el caso del ejemplo se determina estudiar las quejas recibidas durante una semana.

4.- Se reúnen los datos necesarios, utilizando una hoja de verificación.

5.- Se ordenan los datos distribuyéndolos de más a menos, de izquierda a derecha; y se traza un sistema de coordenadas, en el que el eje vertical representa el valor numérico. En el eje horizontal se colocan tantas columnas cuántos son los problemas identificados. La altura de la columna representa el valor asignado a cada problema.

Los problemas que alcanzan menos valor, se reúnen en un único apartado denominado "varios".

6.- El diagrama de Pareto puede tener dos presentaciones:

- a. Presentación sencilla: el eje vertical se gradúa en tal forma que represente el valor de las columnas.
- b. Presentación que incluye el tanto por ciento: esta presentación incluye en el extremo derecho del eje horizontal una línea vertical que se gradúa del 1 al 100 y que indica el %.

Desde la esquina superior derecha de la barra más alta se traza una línea que se mueve de izquierda a derecha a través de las siguientes columnas, mostrando la frecuencia que se acumula de un problema a otro.



El diagrama de Pareto se usa para:

- 1.- Identificar los problemas más importantes. Hay que tener en cuenta que los problemas más frecuentes no siempre son los más costosos. En el caso del restaurante es más costoso diversificar los platillos que procurar mayor limpieza del local.
- 2.- Analizar grupos de datos en razón de diferentes categorías, por ejemplo, por producto, por máquina, por turno.
- 3.- Medir el impacto de los cambios hechos en un proceso, al comparar el primer diagrama de Pareto, hecho antes de los cambios, con el diagrama de Pareto que se hace después de los cambios.
- 4.- Separar en partes específicas algunas causas.

Por ejemplo.

La falta de sazón puede subdividirse en:

- 1.- Falta de sal
- 2.- Exceso de sal
- 3.- Exceso de picante
- 4.- Falta de cocimiento
- 5.- Varios

### 6.3 DIAGRAMA DE CAUSA-EFECTO.

El diagrama de causa-efecto fue desarrollado para representar la relación entre algún efecto y todas las posibles causas que influyen en él.

El efecto o problema se coloca en el lado derecho del diagrama y las causas principales se listan a la izquierda.

Las causas, a su vez, se agrupan en títulos, para establecer orden entre ellas.

El diagrama se construye trazando una línea horizontal y poniendo líneas que caen en diagonal sobre dicha línea horizontal, que representan los problemas en torno a los cuales se agrupan las diferentes causas.

Pasos para la elaboración del diagrama.

1.- Se identifica el problema o características que se quieren analizar.

Ejemplo: la demora de un laboratorio médico en entregar los resultados de los análisis.

2.- Se dibuja una flecha que corra de izquierda a derecha. En la punta de la flecha (a la derecha) se escriba el problema o características de calidad.

3.- Se identifican los apartados principales dentro de los cuales se pueden agrupar las diferentes causas. Estos apartados pasan a ser los títulos de las líneas que caen diagonalmente sobre la flecha.

4.- Se escriben en seguida las diferentes causas en torno a las líneas diagonales.

Para interpretar el diagrama:

- Hay que ver cuáles son las causas que aparecen más frecuentemente;
- Hay que reunir información para determinar la frecuencia con la que ocurren dichas causas;
- Hay que investigar hasta qué grado los integrantes del grupo están de acuerdo en que éstas sean las causas, más importantes.

### **Ejercicios:**

Elabora un diagrama de causa – efecto

1. De los accidentes de las carreteras
2. De los retrasos de las personas para llegar a su lugar de trabajo
3. Del hecho de que los alumnos reprueban alguna materia escolar
4. De la falta de limpieza en las calles
5. Del consumo de alguna determinada bebida que sea muy popular

### 6.4 HISTOGRAMA.

**Un histograma es la gráfica que muestra la frecuencia con la que ocurren los datos que son objeto de medición.**

El histograma parte del hecho de que los eventos que se repiten, como es el caso de los procesos, producen resultados que varían entre sí en mayor o menor grado. De ahí resulta que, unos datos sean muy frecuentes; que otros no lo sean tanto; y que otros, ocurran pocas veces.

El histograma muestra dos aspectos muy importantes:

- El grado de dispersión de los datos, ya que éstos pueden concentrarse en un determinado punto; o bien dispersarse en mayor o menor grado.
- El sesgo, esto es, el hecho de que los datos se dispersen bien sea hacia el lado izquierdo (sesgo positivo), o bien hacia el lado derecho (sesgo negativo)

Procedimiento para la elaboración de un histograma:

Paso 1.- Ante una serie de números, se cuenta el número de datos que contiene la serie. Ejemplo:

9.9	9.3	10.2	9.4	10.1	9.6	9.9	10.1	9.8
9.8	9.8	10.1	9.9	9.7	9.8	9.9	10.0	9.6
9.7	9.4	9.6	10.0	9.9	9.8	10.1	10.4	10.0
10.2	10.1	9.8	10.1	10.3	10.0	10.2	9.8	10.7
9.9	10.7	9.3	10.3	9.9	9.8	10.3	9.5	9.9
9.3	10.2	9.2	9.9	9.7	9.9	9.8	9.5	9.4
9.0	9.5	9.7	9.7	9.8	9.8	9.3	9.6	9.7
10.0	9.7	9.4	9.8	9.4	9.6	10.0	10.3	9.8
9.5	9.7	10.6	9.5	10.1	10.0	9.8	10.1	9.6
9.6	9.4	10.1	9.5	10.1	10.2	9.8	9.5	9.3
10.3	9.6	9.7	9.7	10.1	9.8	9.7	10.0	10.0
9.5	9.5	9.8	9.9	9.2	10.0	10.0	9.7	9.7
9.9	10.4	9.3	9.6	10.2	9.7	9.7	9.7	10.7
9.9	10.2	9.8	9.3	9.6	9.5	9.6	10.7	

Esta serie contiene 125 números.

Paso 2.- Se determina el rango, R, de los datos. El rango es la diferencia entre el valor mayor y el valor menor del conjunto de datos.

En nuestro caso, el número mayor es 10.7 y el menor es 9.0 por tanto, el rango es 1.7

Paso 3. - Se determina el número de clases (K) a formar. Este número se selecciona de acuerdo con una tabla ya establecida que sirve de guía para determinar el número recomendado de clases.

Esta tabla es la siguiente:

Número de datos:	Número de clases:
Menos de 50	5-7
50-99	6-10
100-250	7-12
Más de 250	10-20

En nuestro caso, como los datos son 125 se establece considerar 10 clases.

Paso 4.- Se determina el intervalo, H, de la clase. La fórmula para hacer esto es la siguiente:

$$H = R/K. \text{ Aplicando esta fórmula a nuestro ejemplo, se tiene:}$$
$$H = 1.7/10 = .17$$

En la mayoría de los casos es conveniente redondear H a un número adecuado. En nuestro caso, 0.17 se redondea a 0.20

Paso 5.- Se determinan los límites de clase. Para esto:

- Se toma la medición individual menor del conjunto de datos. Este es el punto inferior del límite de la primera clase;
- Se suma a este número el intervalo de clase. El número que resulta pasa a ser el límite inferior de la segunda clase; y
- Así sucesivamente.

Paso 6.- Se construye la tabla de frecuencias con base en los valores obtenidos (número de clases, intervalo de clase y límite de clase)

La tabla de frecuencias que resulta es ya un histograma en forma tabular.

CLASE	LÍMITE	FRECUENCIA	TOTAL
1	9.00 – 9.19	I	1
2	9.20 – 9.39	IIII IIII	9
3	9.40 – 9.59	IIII IIII IIII I	16
4	9.60 – 9.79	IIII IIII IIII IIII IIII II	27
5	9.80 – 9.99	IIII IIII IIII IIII IIII IIII I	31
6	10.00 – 10.19	IIII IIII IIII IIII IIII	23
7	10.20 – 10.39	IIII IIII II	12
8	10.40 – 10.59	II	2
9	10.60 – 10.79	IIII	4
10	10.80 – 10.99		0

Paso 7.- Se construye el histograma con base en la tabla de frecuencias. Éstas se representan en forma de barras.

Las barras se levantan a partir de la línea horizontal, en la que se indican los límites de clase. Su altura se determina tomando en cuenta la frecuencia de datos incluidos dentro del límite de clase. La línea vertical del eje de coordenadas se gradúa para indicar precisamente dicha frecuencia.

El histograma es una herramienta de diagnóstico muy importante, y que proporciona una vista panorámica de la variación en la distribución de los datos.

### Ejercicios.

1. Elabora un histograma con los siguientes datos:

950	895	950	902	919	895
901	908	877	883	904	912
884	908	950	892	921	950
908	921	908	903	916	900
925	915	907	916	908	898
902	909	950	920	899	909

2. Elabora un histograma de la entrada de las personas a un cine en día domingo, teniendo en cuenta las edades entre 5 a 30 años. Elabora una serie de datos.

3. Elabora histogramas con datos de tu área de trabajo, tales como:
  - ❖ Frecuencia con que ocurre algún defecto o error.
4. Investiga la altura de tus compañeros de clase y realiza un histograma.

## ESTRATIFICACIÓN:

**La estratificación es la herramienta estadística que clasifica los datos en grupos con características semejantes. A cada grupo se le denomina estrato.**

La clasificación se hace con el fin de identificar el grado de influencia de determinados factores o variables en el resultado de un proceso

La situación que en concreto va a ser analizada determina los estratos a utilizar. Por ejemplo, si se desea analizar el comportamiento de los operarios, éstos pueden estratificarse por edad, sexo, experiencia en el trabajo, capacitación recibida, turno de trabajo, etc.

La forma más común de presentar la estratificación es el histograma.

Ejemplo:

Se trata de identificar la causa del diferente rendimiento de los operarios de una fábrica.

Se sospecha que esta diferencia en el rendimiento tiene que ver con el grado de experiencia de los trabajadores. Para comprobar tal suposición, se les estratifica en razón de los años de antigüedad.

Los resultados de la estratificación se presentan en los histogramas siguientes que se construyen tomando en cuenta los límites de especificación tanto inferior (LIE) como superior (LSE) de las piezas que se fabrican en un determinado proceso de producción.

Estos histogramas nos indican que los estratos “operarios entre 2 y 5 años de antigüedad” y “operarios entre 5 y 10 años de antigüedad” tienen buen desempeño pues logran resultados que están dentro de los límites de especificación y sin tendencia a salirse de estos límites.

En el estrato “operarios con más de 10 años de antigüedad” se observan mediciones dentro de los límites pero cercanos a éstos. En este estrato hay que tomar precauciones para evitar que dicho sector de operarios en el futuro produzca piezas fuera de especificación.

En el sector “operarios con menos de dos años de antigüedad” se presentan mediciones fuera de especificación.

En esta forma, la estratificación de los operarios ha permitido identificar la relación que existe entre una variable (años de experiencia en el trabajo) y un determinado resultado (diferente rendimiento en el trabajo)

### Ejercicios.

Elabora diagramas de estratificación:

1. De la asistencia a clase de un grupo escolar en los diferentes días de la semana
2. De los alumnos que aprueban exámenes de una misma materia pero con diferentes maestros
3. De las faltas al trabajo en razón de la edad, del sexo y de la formación escolar.

### 6.5 CORRIDAS:

**Se llaman corridas a los diagramas que presentan los datos a través del tiempo o de una secuencia.**

Las corridas se elaboran utilizando un sistema de coordenadas, cuyo eje horizontal indica el tiempo en el que quedan enmarcados los datos; mientras que el eje vertical sirve como escala para transcribir el valor de dichos datos.

Este valor se expresa con puntos, los cuales se unen mediante líneas rectas.

Por ejemplo; si queremos presentar los gastos que hace una familia en los diferentes meses del año, elaboramos una corrida.

Supongamos que estos gastos mensuales son los siguientes:

MESES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
N\$	850	700	550	600	900	1,000	1,200	1,100	900	950		800
	1,800											

La presentación gráfica de dichos gastos mensuales da por resultado la corrida siguiente:

El uso de las corridas es una herramienta muy importante para la calidad total, pues, muchos factores que alteran el proceso cambian a través del tiempo. Así, por ejemplo, decae la calidad de los ingredientes, se contrata a nuevos empleados, se van desgastando las herramientas y el equipo, así como también los proveedores hacen cambios en las mercancías que entregan. Detectar estas alteraciones en el proceso es un paso esencial para poder mejorarlo.

Ahora bien, esto se hace mediante las corridas, que permiten evaluar el comportamiento del proceso a través del tiempo, pues grafican la amplitud de la dispersión de los datos y su tendencia.

Procedimiento para la elaboración de esta gráfica:

- Paso 1.- Se obtienen los datos necesarios y con ellos se hace la tabla de datos.
- Paso 2.- Se saca el promedio de dichos datos, sumándolos y dividiendo el resultado de esta suma entre el número total de datos.
- Paso 3.- Se construye un sistema de coordenadas, cuyo eje horizontal representa el tiempo; y el eje vertical, los valores de los datos.
- Paso 4.- Dentro del sistema de coordenadas se traza una línea horizontal que representa el valor promedio de los datos.
- Paso 5.- Se colocan los datos en dicho sistema de coordenadas, representándolos con puntos, los que se unen, como ya se mencionó, mediante líneas rectas.

## 6.6 GRÁFICAS O CARTAS DE CONTROL.

### **Origen y objetivo de las gráficas de control.**

El Ing. Walter A. Shewhart, mientras trabajaba como investigador en los laboratorios Bell, diseñó, hace ya más de medio siglo, las gráficas de control como un instrumento para detectar si la variación de los procesos ameritaba considerar a éstos bajo control estadístico o no.

Este punto es importante ya que:

- 1.- Si el proceso está bajo control estadístico, hay una base para predecir cómo va a comportarse el proceso en el futuro



2.- En cambio, si las gráficas muestran que el proceso **está fuera de control** no hay base para hacer dicha predicción. En este segundo caso, hay que estudiar cuál sea la causa especial a la que se deba que el comportamiento esté fuera de control, a fin de suprimirla.

Por tanto, las gráficas de control tienen como objetivo fundamental, establecer con base en una secuencia de datos tomados durante un periodo razonable, si es posible predecir el comportamiento futuro de un determinado proceso, o no.

### **Fundamento lógico de las gráficas de control.**

La secuencia de datos permite hacer una predicción con respecto al futuro desempeño de dicho proceso, en fuerza de un raciocinio inductivo.

Como sabemos, el raciocinio es el procedimiento por el cual nuestra razón adquiere un nuevo conocimiento a partir de datos anteriormente conocidos.

Un ejemplo de raciocinio es el siguiente: se nos avisa que las clases comienzan puntualmente a una hora determinada y que después de entrar el profesor se cierra la puerta del salón. Ahora bien, si al llegar al salón un poco después de la hora en que debe comenzar la clase encontramos la puerta ya cerrada, podemos concluir que el profesor está adentro impartiendo su cátedra. Llegamos a esta conclusión, porque raciocinamos, esto es, porque *de un conocimiento previo* (la disposición de que el profesor cierra la puerta del salón de clase después de entrar en él) concluimos *a un nuevo conocimiento*: el hecho de que el profesor está ya adentro.

### **Tipos de raciocinios.**

El raciocinio puede ser de dos clases: deductivo o inductivo.

- El raciocinio es deductivo, cuando partimos de un principio general y hacemos una aplicación particular de dicho principio. Todos conocemos el principio de gravedad en razón del cual los cuerpos caen al suelo si no hay nada que interfiera esta caída. Pues bien, hacemos una aplicación de este principio siempre que depositamos los objetos en tal forma que no caigan al suelo.
- El raciocinio es inductivo, cuando con base en la experiencia que tenemos de acontecimientos anteriores concluimos que algún determinado fenómeno va a suceder con mayor o menor probabilidad. Con base en la experiencia de años anteriores inferimos cuál va a ser la precipitación pluvial en un lugar en una determinada estación del año.

El raciocinio involucrado en la interpretación de las gráficas de control es de naturaleza inductiva, porque es con base en el examen de datos tomados con anterioridad, como predecimos el futuro comportamiento del proceso, extrapolando, esto es, proyectando hacia el futuro una situación presente o inmediatamente anterior.

### **Estructura del raciocinio en el que se basan las gráficas de control.**

El raciocinio o proceso mental implicado en las gráficas de control está conformado por los pasos siguientes:

- 1.- Se parte de la hipótesis de que el proceso en estudio está bajo control estadístico.
- 2.- Con base en muestras de los productos del proceso se predicen los límites de la variación de dicho proceso al estar bajo control estadístico.
- 3.- Estos límites, superior e inferior de variación se ponen en una corrida.
- 4.- Llevando a cabo el punto anterior, nuevamente se recogen muestras de los resultados de proceso.
- 5.- La variación que se da entre los datos de estas muestras se compara con la predicción hecha anteriormente (punto 2); predicción que sirvió para determinar los límites de control de la gráfica (punto 3)
- 6.- Si esas observaciones son consistentes con la predicción, se asume que el proceso es estable, mientras datos posteriores no vengán a probar lo contrario.
- 7 - Pero si las observaciones no son consistentes con la predicción, se tiene ya una base para afirmar que el proceso definitivamente no está bajo control estadístico. De esto se deriva la necesidad de identificar la causa especial, origen de la variación fuera de los límites establecidos, para removerla.

## 7. DIAGRAMA DE AFINIDAD Y DIAGRAMA DE ARBOL.

### Diagrama de afinidad.

El diagrama de afinidad sirve para sintetizar un conjunto más o menos numeroso de opiniones, agrupándolas en pocos apartados o rubros.

Este diagrama se basa en el hecho de que muchas opiniones son afines entre sí y de que, por tanto, pueden agruparse en torno a unas cuantas ideas generales.

Ejemplo. Un grupo de amigos expone, cada uno, las ideas que ha escuchado acerca de cómo bajar de peso.

Estas ideas son las siguientes:

- a. No comer pan ni tortillas.
- b. Seguir una dieta baja en carbohidratos.
- c. Tomar diariamente un vaso de jugo de toronja.
- d. Tomar bebidas y alimentos bajos en calorías.
- e. Seguir una dieta que incluya sólo frutas y verduras.
- f. No tomar bebidas gaseosas.
- g. No comer dulces ni chocolates.
- h. Correr.
- i. Hacer gimnasia reductiva.
- j. Nadar diariamente.
- k. Utilizar aparatos para hacer ejercicios musculares en casa.
- l. Caminar el mayor tiempo posible.
- m. No utilizar el coche para distancias cortas.
- n. Hacer ejercicios abdominales.
- o. Asistir a un gimnasio.
- p. Tomar clases de danza.
- q. No dormir siesta ni acostarse inmediatamente después de cenar.
- r. Tomar baños de vapor.
- s. Hacer combinaciones adecuadas de alimentos.
- t. Seguir un tratamiento de hipnosis.
- u. Consumir la menor cantidad posible de grasa.

Evidentemente que en este conjunto o lluvia de ideas algunas se repiten y la mayoría puede agruparse en determinados rubros. Esta agrupación o síntesis se lleva a cabo mediante un diagrama de afinidad.

Procedimiento para elaborar un diagrama de afinidad.

Paso 1.- Cada una de las opiniones particulares se escribe en una única ficha (fichas de tipo a,b,c,d)

Paso 2.- Se agrupan las fichas que expresan la misma opinión aunque con palabras diferentes: opinión (a) y opinión (b) en un grupo; opinión (c) y opinión (d) en otro grupo.

En nuestro ejemplo, a y b; c y e; g y u; l y m; son ideas muy similares, de tal manera que se pueden sintetizar en frases tales como:

- Seguir una dieta baja en carbohidratos y, por tanto, comer poco pan y tortillas.
- Seguir una dieta que incluye sólo frutas y verduras, entre otras cosas, un jugo de toronja.
- Etc.

Paso 3.- Se escribe en una ficha, de mayor tamaño que las anteriores, la síntesis de las fichas que expresan opiniones semejantes sobre un mismo tema. Ficha que expresa el rubro A que sintetiza las opiniones (a) y (b). Ficha que expresa el rubro B que sintetiza las opiniones (c) y (d).

- En nuestro ejemplo, muchas ideas se refieren:

A = A lo que no conviene comer,

B = A lo que conviene comer,

C = A hacer ejercicios que no requieran algún aparato especial,

D = A hacer ejercicios que requieren aparatos especiales.

Paso 4.- Cuando sea el caso debido a que todavía es posible reunir en un único grupo los consensos del paso 3, se escribe en una ficha de tamaño todavía mayor que el de las fichas de los consensos A y B, la síntesis de los rubros A y B, llegando de esta manera a los pensamientos más generales que no puedan sintetizarse en uno superior.

En el ejemplo que hemos presentado, las ideas contenidas en A y B se pueden sintetizar en el rubro *dieta*; y las ideas contenidas en C y D, en el rubro *ejercicios*.

El diagrama de afinidad, al organizar y sintetizar las opiniones permite:

- Identificar mejor el problema o problemas fundamentales del tema de discusión; y
- Es ocasión para que surjan nuevas ideas acerca de la forma como conviene solucionar una situación dada.

## Diagrama de árbol.

Con el diagrama de árbol se obtiene una visión de conjunto de los medios mediante los cuales se alcanza una meta.

El diagrama de árbol es el resultado de la organización sistemática de metas y de los medios correspondientes para el logro de dichas metas. El diagrama de árbol sirve, pues, para presentar en forma organizada el conjunto de medidas con las que se alcanza un determinado propósito.

En este diagrama cada medio se convierte a su vez en una meta a alcanzar.

Supongamos, por ejemplo, que alguien se propone a aprobar el examen final de matemáticas. Alcanzar esta meta supone llevar a cabo una serie de medidas (medios), tales como:

- Leer el libro de texto,
- Cumplir con las tareas
- Hacer los ejercicios,
- Solicitar ayuda o asesoría al maestro para aclarar los puntos que uno no entiende,
- Etc.

Medidas que a su vez son metas más concretas que se alcanzan cuando se toman medidas pertinente tales como:

- Dedicar un determinado tiempo al estudio del libro y a hacer las tareas y los ejercicios;
- Poner atención durante las explicaciones del maestro;
- Preguntarle las dudas que se tengan;
- Etc.

Todo lo cual, son a su vez, metas que se alcanzan mediante determinadas acciones (medios) como son:

- Asistir siempre a clase;
- No platicar con otros compañeros ni leer otros libros o revistas durante las explicaciones del maestro;
- Suprimir algún programa de la TV para dedicar ese tiempo al estudio personal y a las tareas;
- Etc.

Procedimiento para elaborar un diagrama de árbol.

- Paso 1.- Se enuncia, con la mayor claridad posible, la meta a alcanzar. Dicho enunciado se pone por escrito.
- Paso 2.- Se identifican los medios que directamente conducen a dicha meta y se ponen por escrito en tal forma que quede expresado que con dichos medios se logra la meta.
- Paso 3.- Debido a que los medios identificados en el paso anterior se convierten a su vez en metas a alcanzar; se identifican los medios mediante los cuales se alcanzan éstas; y así sucesivamente.

El diagrama que resulta tiene la figura de un árbol invertido; de ahí, el nombre de esta herramienta.

## **8. ESTRATEGIAS DE CALIDAD PARA LA SOLUCION DE LOS PROBLEMAS DETECTADOS Y EL CONTROL DEL PROCESO.**

### **A qué llamamos problemas:**

En los cursos escolares se llaman problemas a los ejercicios que traen los libros de texto, en los que se presenta una situación que es necesario resolver mediante la aplicación de alguna fórmula. Así, por ejemplo, se nos pregunta ¿qué tanto va a tardar un vehículo para llegar a un determinado lugar recorriendo una distancia a una determinada velocidad?

Si los problemas de los libros de texto son situaciones teóricas, en la vida real se dan situaciones más o menos complejas, que suceden fuera de lo normal y que requieren de una solución. En este sentido son problemas el hecho de que no pase el autobús en el cual nos trasladamos a la escuela o al lugar de trabajo, la descompostura de la tubería de la casa, la falta de responsabilidad de las personas con las que tenemos que hacer un trabajo en común, etc.

### **Los problemas nos hacen progresar.**

Los problemas de los libros de texto sirven para hacernos comprender mejor la teoría y para visualizar en qué circunstancias pueden aplicarse los conocimientos teóricos.

Los adelantos científicos y tecnológicos se han debido, en gran parte, a problemas que la humanidad ha tenido que vencer. Es el caso de muchos descubrimientos médicos, como las vacunas, que se han hecho debido a la aparición de enfermedades.

Las situaciones difíciles a las que nos enfrentamos con frecuencia aumentan nuestra capacidad para superar las dificultades, lo cual nos permite tener éxito en la vida.

Por eso, se dice que los problemas, a pesar de las molestias que nos causan, nos brindan la oportunidad de superarnos y de mejorar, a condición de proceder ante ellos en forma inteligente.

### **Manera inteligente de afrontar los problemas.**

Afrontamos en forma inteligente los problemas, cuando actuamos:

- Con disciplina,
- En forma creativa,
- Con constancia, y
- Dispuestos a aprender constantemente.

Estas son actitudes que toman también quienes se dedican a la ciencia al abordar problemas de su área de estudio.

Ante todo, debemos proceder con **disciplina**, esto es, en forma metódica. Un problema es como un rompecabezas. Cuando armamos un rompecabezas, no lo armamos de cualquier manera, pues en esta forma tardaríamos mucho en completar la figura. Procedemos seleccionando y uniendo las piezas que tienen el mismo color y que embonan unas con otras, hasta lograr que vaya apareciendo una de las figuras del rompecabezas.

También los científicos proceden siguiendo un método:

- Primero, hacen una serie de observaciones y recogen el mayor número posible de datos en relación con el fenómeno que están estudiando,
- En seguida, tratan de descubrir las relaciones que se dan entre los diferentes factores del fenómeno, o bien, entre dicho fenómeno y otros;
- Después sugieren alguna hipótesis al respecto;
- Tratan de verificar hasta qué grado es válida la hipótesis que formularon.

En esta forma continúan hasta llegar al objetivo final de su búsqueda científica, que puede ser una nueva teoría, un nuevo invento, o una nueva medicina.

- **OBSERVACIÓN**
- **RECOLECCIÓN DE DATOS**
- **RELACIONES ENTRE LOS FENÓMENOS**
- **FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS**
- **VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

Para solucionar un problema, además de la disciplina se requiere que procedamos con **imaginación y creatividad**, explorando nuevas opciones, con espíritu abierto a nuevas ideas, pues ningún caso es completamente semejante a otro; por eso, la aplicación de los métodos o procedimientos en tanto dan resultado en cuanto hacemos uso de ellos en forma creativa. Esta habilidad que nos caracteriza como seres humanos hace posible que encontremos las causas de los problemas y las soluciones adecuadas.

Se requiere además, **constancia**, pues no siempre podemos eliminar completamente las causas de los problemas.

Finalmente, debemos estar **dispuestos a aprender constantemente**, pues cada día surgen nuevos problemas y nuevas situaciones. El vivir en una actitud de constante aprendizaje, desarrolla la habilidad que nos permite resolver los problemas con mayor facilidad.

## **9. IMPLANTACIÓN, SEGUIMIENTO Y CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD Y LA MEJORA CONTÍNUA.**

**Para la calidad total, los problemas son proyectos de mejoramiento continuo.**

En la calidad total, se considera como problema toda situación que no corresponde a los planes establecidos. En este sentido son problemas: que el producto esté fuera de las especificaciones; que el proceso tenga bajo rendimiento; que haya desperdicio de materia prima, de tiempo, de energía, de maquinaria; que haya demora en la entrega por parte de los proveedores; que se presenten quejas por parte de los clientes.

Los problemas se clasifican en tres categorías:

- Aquellos cuya solución consiste en eliminarlos. A este tipo pertenecen los errores, las quejas, los desperdicios (problemas de eliminación);



- Aquellos cuya solución consiste en llegar al nivel estrictamente necesario, por ejemplo, en materia de costos, de tiempos de entrega, de utilización de los espacios (problemas de reducción), y
- Problemas de incremento, cuando se trata de aumentar las cantidades, como es el caso de las ventas, del nivel de satisfacción de los clientes y de la productividad.

### **La ruta de la calidad.**

Cualquiera de estos problemas pasa a ser un proyecto de mejoramiento en el momento en que existe la decisión de solucionarlo. Los pasos entonces a dar son los siguientes:

- Se requiere, ante todo, seleccionar el problema que se quiere abordar, planteándolo en forma objetiva, con hechos y datos.
- En seguida, se hace un análisis de las causas que influyen en la situación no deseada.
- Se verifica después qué causas de las propuestas son realmente el origen del problema o influyen en mayor medida.
- Identificadas las causas más importantes, se procede a llevar a cabo las acciones que solucionan el problema.
- Finalmente, se evalúa la efectividad de las acciones que se llevan a cabo.

Estos pasos constituyen lo que suele llamarse **la ruta de calidad**.

En cada uno de estos pasos hay que poner determinadas acciones. El conjunto de todas ellas constituye la estrategia global a seguir ante los problemas.

A continuación se enumeran algunas de estas acciones para cada uno de los pasos mencionados.

### **Estrategia a seguir en la obtención de los datos.**

Esta estrategia implica:

- 1.- Dejar en claro cuál es el propósito de la recolección de datos.
- 2.- Identificar qué tipo de datos son los más apropiados para lograr el propósito deseado.
- 3.- Cuando es el caso, desarrollar una definición operacional, mediante la cual un concepto se traduce en valores que cualquiera puede entender y en procedimientos mediante los cuales se logra el objetivo.

Por ejemplo: entregar a **tiempo** (esto es, **dentro del plazo de una semana**) una mercancía a un distribuidor. El asiento del vehículo debe ser **suave** (como lo es un determinado **mueble de sala**)

Las definiciones operacionales sirven entonces como puntos de referencia para la obtención de los datos, especialmente cuando se trata de personal que no está familiarizado con el propósito que tiene la recolección de los datos, como es el caso de los proveedores.

4.- Establecer tiempo y frecuencia con respecto a la recolección de los datos.

### **Estrategia a seguir en la identificación de las causas de los problemas.**

Esta estrategia implica:

1.- Con base en los datos recabados, localizar ¿dónde ocurre el problema? y ¿en qué circunstancias?

2.- Examinar ¿cómo se relacionan estas circunstancias con el problema?, a fin de determinar la influencia que pueden tener.

3.- Pasar a establecer causas posibles.

4.- Determinar cuáles de estas causas son las de mayor importancia o de mayor influencia.

5.- Verificar si los datos confirman nuestras suposiciones, para así desechar las hipótesis que no tienen fundamento en los datos.

6.- Establecer las causas reales, o las más probables en caso de que no se logre la evidencia deseada.

### **Estrategia a seguir en la selección de la acción correctiva.**

Esta estrategia implica desarrollar las soluciones apropiadas.

Para esto hay que:

1.- Decidir el problema concreto que uno quiere solucionar, o la oportunidad de mejoramiento que uno desea aprovechar.

2.- Definir con qué criterios debe procederse en la búsqueda de soluciones.

- 3.- Generar opciones de solución y evaluar factores tales como presupuestos disponibles, preparación del recurso humano y otras limitantes de la empresa.
- 4.- Después de evaluar las diferentes opciones, seleccionar la mejor solución.

### **Estrategia a seguir para la puesta en práctica de la acción correctiva.**

Esta estrategia implica:

- 1.- Sensibilizar a los actores involucrados en el problema, la necesidad de la acción correctiva.
- 2.- Realizar la Programación Operativa de dicha acción, teniendo en cuenta:
  - Los actores involucrados.
  - En caso de que la acción correctiva deba hacerse en etapas, realizar un cursograma que durará cada una de ellas y la forma de vigilar o monitorear el proceso de cambio.
- 3.- Instrumentación del cambio.
  - Generalmente conviene experimentarlo, primero, en pequeña escala para verificar qué tan efectiva resulta ser la acción correctiva seleccionada.
  - De acuerdo con los resultados del experimento, se hacen las correcciones necesarias al plan establecido.
  - Después se implanta el cambio a nivel general.

### **Estrategia a seguir en la evaluación de la efectividad de la acción correctiva.**

Esta estrategia implica:

- 1.- Monitorear el avance y los resultados del cambio.
- 2.- Redefinir la acción y estandarizar los nuevos procedimientos.
- 3.- Registrar el mejoramiento logrado:
  - Registrando los nuevos conocimientos o experiencias adquiridas a lo largo de todo el proceso que implicó la solución del problema,
  - Dando a conocer las experiencias e investigando en qué otras áreas pueden aprovecharse las experiencias adquiridas.